রসায়নের গোড়ার কথা

তৃতীয় ভাগ

CHEMISTRY

(একাদশ মানের জন্য)

মেদিনীপুর কলেজের রসায়ন শাস্ত্রের অধ্যাপক ;
অধ্যাপক শ্রীশ্রীপতি দে, এম.এস্.-সি.
প্রণীত

যাদবপুর ইউনিভার্সিটির রসায়ন শাস্ত্রের অবসরপ্রাপ্ত অধ্যাপক ;
নরেন্দ্রপুর রামকৃষ্ণ মিশনের রসায়ন শাস্ত্রের অধ্যাপক
শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী, এম.এস্.-সি.
কর্তৃক সংশোধিত এবং পরিবর্ধিত

মডার্ণ বুক এজেন্সী প্রাইভেট লিমিটেড
১০, বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট,
কলিকাতা-১২

প্রকাশক : শ্রীদীনেশচন্দ্র বসু
মডার্ণ বুক এজেন্সী প্রাইভেট লিঃ
১০, বঙ্কিম চ্যাটার্জী স্ট্রীট,
কলিকাতা-১২

প্রথম সংস্করণ—নভেম্বর, ১৯৬০

আসাম এজেন্টস্ :
বি. বি. ব্রাদার্স এণ্ড কোং
কলেজ হষ্টেল রোড
গৌহাটী-১

মুদ্রাকর : শ্রীসমরেন্দ্রভূষণ মল্লিক
বাণী প্রেস
১৬, হেমেন্দ্র সেন স্ট্রীট, কলিকাতা—৬

ভূমিকা

"রসায়নের গোড়ার কথা"র প্রথম ও দ্বিতীয় ভাগ প্রকাশিত হওয়ার পর একাদশ মানের ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য তৃতীয় ভাগ লিখিত হইল। এবারেও পূর্বের পদ্ধতি অনুসরণ করিয়া মৌল ও যৌগ-পদার্থের ইংরাজী নাম বাংলায় লিখিত হইল। ধাতব মৌলগুলির ইংরাজী নাম বাংলায় লিখিত হইল, যদিও ধাতুগুলির বাংলা নাম প্রচলিত আছে। ইহার কারণ পরে ধাতুগুলির ইংরাজী নামই সকল উচ্চ-স্তরের রসায়নের গ্রন্থে উল্লিখিত দেখা যাইবে। পুস্তকের এই খণ্ডেও যতদূর সম্ভব মধ্য-শিক্ষাপর্ষদের নির্দেশিত পাঠ্যসূচী অনুসরণ করা হইয়াছে। এই পুস্তক-প্রণয়নেও যাহাতে ভ্রমপ্রমাদ না হয় তাহার জন্য বিশেষ চেষ্টা করা হইয়াছে। তবে সে বিষয়ে কতদূর সফল হইয়াছি তাহা সুধী শিক্ষকবৃন্দ পঠন-পাঠনের সময় বিচার করিবেন। এই গ্রন্থ-প্রণয়নেও প্রামাণ্য ইংরাজী গ্রন্থগুলির সাহায্য লওয়া হইয়াছে।

মধ্য-শিক্ষাপর্ষদ নির্দেশ দিয়াছেন যে, পরীক্ষায় প্রশ্নপত্র ইংরাজীতে প্রণীত হইবে। তাই এই পুস্তকে বাংলা এবং ইংরাজী দুই ভাষাতেই প্রশ্নসমূহ সঙ্কলিত হইয়াছে।

আমার শ্রদ্ধেয় অধ্যাপক শ্রীবিজয়কালী গোস্বামী মহাশয় বইখানির পাণ্ডুলিপি দেখিয়া ভ্রমপ্রমাদ সংশোধন করিয়া দিয়াছেন। সেজন্য তাঁহাকে আমার আন্তরিক কৃতজ্ঞতা জানাইতেছি। এই পুস্তক প্রকাশনে শ্রীযুক্ত দীনেশচন্দ্র বসু এবং শ্রীযুক্ত রবীন্দ্রনারায়ণ ভট্টাচার্য্য বি, এ, যথেষ্ট উৎসাহসহকারে সহযোগিতা করিয়াছেন ; তাহার জন্য তাঁহাদিগকে আমার আন্তরিক ধন্যবাদ জানাইতেছি।

এবারেও সুধী শিক্ষকবৃন্দকে আমার সনির্বন্ধ অনুরোধ জানাইতেছি যে তাঁহারা এই পুস্তকখানি উন্নততর এবং ভ্রমপ্রমাদশূন্য করিবার জন্য পরামর্শ দিয়া আমাকে আন্তরিক-কৃতজ্ঞতাপাশে আবদ্ধ করিবেন। ইতি—

মেদিনীপুর,
নভেম্বর, ১৯৬০

শ্রীপতি দে

Course Content	*Notes*
3. Equivalent weight of acids, bases and salts. Standard (including normal) solution. Simple acidimetry and alkalimetry.	Cases of back titration, or of indirect estimations are not required at this stage.
4. Elementary idea of atomic structure—protons, electrons, neutrons ; electrovalency and co-valency ; radioactivity ; isotopes ; oxidation and reduction in terms of electrons.	
5. Metals and their compounds.	The treatment of the course content should not exceed 24 pages.
(*i*) Physical and chemical differences between metallic and non-metallic elements.	
(*ii*) Extraction of metals from their compounds occurring in nature.	Only mention of the different methods with examples and equations (where necessary)
(*iii*) Properties of metals.	D—Exhibit the metals sodium, calcium, magnesium, copper, zinc, aluminium, lead and iron.
(*a*) Physical properties.	
(*b*) Electro-Chemical series of the metals—Action of oxygen, water and dilute mineral acids.	
Displacement of metals from solutions of their salts with another metal.	Copper from copper sulphate soln., with iron ; silver from a silver salt solution with zinc.
(*c*) Action of nitric acid, caustic soda and chlorine.	

Course Content	*Notes*
(*iv*) Alloys.—Elementary idea about prepartion. Some common alloys, e.g, brass, bronze, german silver, duralumin, soft solders, type metal, alloy steels.	Only qualitative composition and uses.
(*v*) Some common metals.	
(*a*) Sodium, Extraction, properties and uses.	D—Charts showing preparation of different compounds from a basic compound occurring in nature. Individual compounds are to be read only to the extent indicated. Only chemistry of extraction of metals ; commercial cells and furnaces are not required.
Preparation of sodium sulphate, sodium carbonate (Solvay process), caustic soda (electrolysis of brine and lime method). Their uses.	
Preparation of glass.	
(*b*) Magnesium—its extraction, properties and uses (light alloys)	
(*c*) Calcium—Extraction and properties.	
Preparation and uses of lime, Plaster of Paris.	Brief mention of cement and its use as a building material.
(*d*) Copper—Extraction from copper pyrites ; properties and uses.	Only the principle of the different steps.
Preparation of copper sulphate.	

Course Content	Notes
(e) Zinc—Principle of extraction from zine blende ; properties and uses (alloys ; battery making).	
Galvanizing (comparison with tin-plating).	
(f) Aluminium—Extraction from bauxite ; properties and uses. Thermit process.	
Preparation of aluminium oxide, chloride and sulphate.	
(g) Lead.—Principle of extraction from galena, properties and uses.	Purification of lead (elimination of arsenic, desilverisation, electrolytic refining) not required.
Preparation of litharge and red lead ; action of dilute hydrochloric and nitric acids on them ; uses.	
White lead (formula only) is a pigment.	
(h) Iron—Extraction in the Blast Furnace.	D—Chart of Blast Furnace detailed description not required. Function of coke and limestone ; simple equations to explain reduction of iron by carbon monoxide and by carbon and formation of calcium silicate slag.
Cast iron, Wrought iron and Steel. Principle of preparation of steel from cast iron (description of any of the process not required).	

Course Content	*Notes*
Properties of Iron.—Rusting and rust prevention.	
Preparation of ferric oxide.	
6. Carbon Compounds — Organic Chemistry.	Scope of the subject : The course content is to be covered in 24 to 32 pages.
1. Fuels : examples of solid, liquid and gaseous fuels,	
(1.1) Chemistry of preparation of water gas and producer gas.	Commercial plants are not required.
(1.2) Destructive distillation of coal—coal-gas and by-products.	Description of the gas works not required ; but mention should be made of the different stages—distillation, removal of tar and ammonia, removal of hydrogen sulphide.
Destructive distillation of wood—only products are to be mentioned.	
(1.3) Products of fractional distillation of petroleum.	D.—Chart.
2. Hydrocarbons.	
Preparation of methane, ethylene and acetylene. Properties ; saturated and unsaturated compounds, substitution and addition products.	
Homologous series ; illustration.	
3. Halogen derivatives of hydrocarbon—examples : chloroform, iodoform, ethylene dibromide are such compounds.	Preparation or reactions of these compounds are not required.

Course Content

4. Methyl alcohol (preparation from wood distillation products), Ethyl alcohol (preparation from glucose)-methylated spirit.

Structural formulæ of alcohols : alcoholic hydroxyl group (with reference to the action of hydrochloric acid, sulphuric acid, organic acids, phosphorus pentachloride, and oxidising agents).

Glycerol is an alcohol.

5. Formaldehyde (preparation) Formalin ; bakelite ; plastics, Acetaldehyde (formula). (1) Acetone (Preparation from wood distillation product).

Structural formulæ of aldehydes and ketones.

6. Formic and acetic acids —Preparation. Structural formulæ. Some organic acids of everyday use (e.g. oxalic, citric, tartaric).

7. Esters. — Preparation ; hydrolysis. Essences. Fats and oils : soap.

8. Cellulose and starch. Importance of cellulose products in the arts and industries.

Sucrose and glucose.

9 Products of distillation of coal-tar.

Notes

Detailed study of these reactions not required.

D—Chart to show the relationship between different classes of organic compounds.

Reactions of aldehydes and ketones not required. They are to be read only as products of oxidation of Alcohols, and products of reduction of acids.

Chemistry of these acids or their structural formulæ not required.

Only a popular treatment in outline is required.

Course Content	*Notes*
Peculiarity of benzene and its Homologues. Ring and chain compounds. Some derivatives of benzene ; some dyes, antiseptics, medicinals etc. prepared from them.	
10. Food.—Proximate principles of food. Nutrition, balanced diet, Vitamins, Digestion.	Only a popular treatment in outline is required.

সূচীপত্র

(একাদশ মানের জন্য)

জৈবরসায়ন বা কার্বনের যৌগসমূহ

রসায়নের গোড়ার কথা

তৃতীয় ভাগ

—:*:—

একাদশ মানের জন্য

দ্বাত্রিংশ অধ্যায়

তুল্যাঙ্কভার

(Equivalent Weight)

তুল্যাঙ্কভার—(Equivalent Weight or Chemical Equivalent) অথবা **যোজনভার** (Combining Weight) :—**মিথোনপাত সূত্র** (Law of Reciprocal proportions) পূর্বেই এই গ্রন্থের দ্বিতীয় ভাগে (পৃ. ২১) উল্লিখিত হইয়াছে। এই সূত্রটি হইতে **তুল্যাঙ্ক অনুপাত সূত্র** (Law of Equivalent proportions) পাওয়া যায় (রসায়নের গোড়ার কথা, দ্বিতীয় ভাগ, পৃ. ২৩)। নিম্নলিখিত যৌগিক পদার্থগুলিকে বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায় যে—

(ক)	HCl এ 1	গ্রাম	হাইড্রোজেন	35·5	গ্রাম	ক্লোরিণের	সহিত	যুক্ত	হয়।
(খ)	H_2O এ	"	"	8	"	অক্সিজেনের	"	"	"।
(গ)	H_2S এ	"	"	16	"	সলফারের	"	"	"।
(ঘ)	NH_3তে	"	"	4·67	"	নাইট্রোজেনের	"	"	"।
(ঙ)	CH_4 এ	"	"	3	"	কার্বনের	"	"	"।
(চ)	NaH এ	"	"	23	"	সোডিয়ামের	"	"	"।
(ছ)	CaH_2তে	"	"	20	"	ক্যালসিয়ামের	"	"	"।

কাজেই এই সকল যৌগে অন্যান্য মৌলগুলির যে ওজন 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় সেই মৌলগুলি যদি নিজেদের ভিতর রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়

তবে সেই সেই ওজনের অনুপাতে তাহারা যুক্ত হয়। যেমন, CH_4-এ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন 3 গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হয়; এবং HCl-এ 1 গ্রাম হাইড্রোজেন 35'5 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হয়। কার্বন ও ক্লোরিণ যদি রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয় তবে 3 গ্রাম কার্বন 35'5 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইবে। কার্বন টেট্রা-ক্লোরাইড নামক কার্বন ও ক্লোরিণের যৌগে যথার্থই 3 গ্রাম কার্বন 35'5 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া আছে দেখা যায়।

অতএব, ওজন হিসাবে 35'5 গ্রাম ক্লোরিণ যথাক্রমে 3 গ্রাম কার্বন, 8 গ্রাম অক্সিজেন, 16 গ্রাম সলফার, 20 গ্রাম ক্যালসিয়াম অথবা 23 গ্রাম সোডিয়ামের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া তাহাদের ক্লোরাইড নামক যৌগ উৎপন্ন করে।

আবার,

(i) 23 গ্রাম সোডিয়াম যে-কোন অ্যাসিড হইতে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

(ii) 32'69 গ্রাম জিঙ্ক যে-কোন অ্যাসিড হইতে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

(iii) 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম যে-কোন অ্যাসিড হইতে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

তাই, 35'5 গ্রাম ক্লোরিণ যথাক্রমে 23 গ্রাম সোডিয়াম, 32'69 গ্রাম জিঙ্ক অথবা 12 গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হয়।

রাসায়নিক সংযোগের সময় উপরে উল্লিখিত মৌলগুলির যে যে ওজন উল্লিখিত হইয়াছে সেই সেই ওজনগুলিকে **তুল্য বা সমান** ওজন ধরা হয়, কারণ উক্ত মৌলগুলির ঐ ঐ ওজন 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় বা 1 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। সোডিয়াম যখন সলফার, অক্সিজেন, বা ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হয় অথবা উক্ত মৌলগুলি যখন পরস্পর যুক্ত হয় তখন উপরে লিখিত অনুপাতে বা তাহাদের সরল গুণিতকে তাহাদের যুক্ত হইতে দেখা যায়।

হাইড্রোজেনের **যোজনভার** (combining weight) সর্বাপেক্ষা কম। তাই তাহাকে একক ধরিলে হাইড্রোজেনের 1 গ্রামের সহিত অন্যান্য মৌলের যে যে ওজন যুক্ত হইতে পারে বা অন্যান্য মৌলের যে যে ওজন 1 গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে, মৌলের সেই সেই ওজনের **সংখ্যাগুলিকে যোজনভার** (combining weight) বা **তুল্যাঙ্কভার** (Equivalent weight) বলে।

তুল্যাঙ্কভার: কোন মৌলের যে ওজন এক তৌলিক ভাগ (one part by weight) হাইড্রোজেনের (কিংবা 8 তৌলিক ভাগ অক্সিজেনের বা 35.5 তৌলিক ভাগ ক্লোরিণের) সহিত যুক্ত হয় অথবা হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্লোরিণের উল্লিখিত তৌলিক ভাগসমূহ স্থানচ্যুত বা প্রতিস্থাপিত করিতে পারে উক্ত মৌলের সেই ওজনকে মৌলের **তুল্যাঙ্কভার** বা **যোজনভার** বলে।

এই সংজ্ঞা নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশিত করা যায় :—

$$\text{মৌলের তুল্যাঙ্কভার} = \frac{\text{মৌলের ওজন}}{\text{প্রতিস্থাপিত বা সংযুক্ত হাইড্রোজেনের ওজন}}।$$

ওজনগুলি যে-কোন এককে প্রকাশিত হইতে পারে, যথা গ্রাম, বা পাউণ্ড বা আউন্স। কিন্তু তুল্যাঙ্কভার দুইটি ওজনের আনুপাতিক সংখ্যা মাত্র, তাই উহার কোন একক থাকিতে পারে না।

যখন কোন মৌল হাইড্রোজেনের সহিত সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হইতে পারে অথবা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে তখন সহজেই তার তুল্যাঙ্কভার নির্ণীত হয়। কিন্তু যে সকল মৌল হাইড্রোজেনের সহিত সাক্ষাৎভাবে যুক্ত হয় না অথবা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না, তখন সেই সকল মৌলের যে ওজন অক্সিজেনের বা ক্লোরিণের তুল্যাঙ্ক-ওজনের (যথাক্রমে 8 গ্রাম বা 35.5 গ্রামের) সহিত যুক্ত হয় ততখানি ওজনের সংখ্যা দ্বারা তাহাদের তুল্যাঙ্ক প্রকাশ করা হয়। যেমন, কপার হাইড্রোজেনের সহিত সহজে যুক্ত হয় না বা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না, কিন্তু 8 ভাগ অক্সিজেনের সহিত 31.75 ভাগ কপার যুক্ত হইয়া কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে; সুতরাং কপারের সেই অবস্থায় তুল্যাঙ্ক ওজন = 31.75। সিলভারও অনুরূপ একটি মৌল। তাই ক্লোরিণের সহিত সংযোগ ঘটাইয়া সিলভার ক্লোরাইড তৈয়ারী করিয়া উহার বিশ্লেষণদ্বারা নিরূপণ করা হয় যে উহাতে 35.5 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত 107.98 গ্রাম সিলভার যুক্ত হইয়াছে। তাই সিলভারের তুল্যাঙ্কভার হইল 107.98।

বিশেষ দ্রষ্টব্য : **(1) আজকাল অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক ওজনকে (=8.00) প্রমাণ ধরিয়া অন্য সমস্ত মৌলের তুল্যাঙ্ক প্রকাশ করা হয়। তাহাতে হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্ক হয় 1.008। তাই হাইড্রোজেনের সহিত তুলনায় তুল্যাঙ্ক সূক্ষ্মভাবে নির্ণয় করিতে হইলে হাইড্রোজেনের 1 ভাগ ওজনের স্থলে 1.008 ভাগ ওজন ধরিয়া হিসাব করিতে হয়।**

(2) তুল্যাঙ্কভার গ্রামে প্রকাশ করিলে সেই অবস্থায় তুল্যাঙ্কভারকে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (Gram-equivalent) বলে।

(3) কতকগুলি মৌলের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, তাহাদের তুল্যাঙ্কভার স্থিরাঙ্ক নয়, তাহারা পরিবর্তনশীল। তাই যখন তাহারা হাইড্রোজেন, অক্সিজেন বা ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হয় তখন তাহাদের তুল্যাঙ্কভার একই থাকে না। মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন স্থিরাঙ্ক এবং পারমাণবিক ওজন=তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা (পরে দেখান হইয়াছে)। একই মৌলের যোজ্যতা পরিবর্তিত হইতে দেখা যায়। তাই তাহার তুল্যাঙ্কভার পরিবর্তিত হয়। উদাহরণস্বরূপ কপারের দুইটি অক্সাইড আছে; একটিতে কপার একযোজী এবং কপারের উক্ত অবস্থায় অক্সাইডের সংকেত হইল Cu_2O। কপারের এই অক্সাইডটির রং লাল। এই অক্সাইডে ৪ ভাগ অক্সিজেনের সহিত 63 5 ভাগ কপার যুক্ত হইয়াছে। অন্যটিতে কপার দ্বিযোজী এবং কপারের এই দ্বিতীয় অবস্থায় অক্সাইডের সংকেত হইল CuO। কপারের এই অক্সাইডটির রং কালো। এই অক্সাইডে ৪ ভাগ অক্সিজেনের সহিত 31 75 ভাগ কপার যুক্ত হইয়াছে। সুতরাং কপারের দুইটি তুল্যাঙ্কভার যথাক্রমে 63·5 এবং 31·75।

তুল্যাঙ্কভার-নির্ণয়-পদ্ধতি :—অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ধারণ করিবার প্রণালীগুলিতে অধাতুকে হয় হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত করা হয় অথবা তাহাকে অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত করিয়া অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। না হয় উহাকে ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত করিয়া ক্লোরাইডে রূপান্তরিত করা হয়।

ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নানাভাবে নির্ণয় করা হইয়া থাকে যথা—

(1) অম্ল, তীব্র ক্ষার বা জল হইতে ধাতুদ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন-দ্বারা ;

(2) অক্সিজেনের সহিত ধাতুর সংযোগ ঘটাইয়া ধাতুর অক্সাইড উৎপন্ন করিয়া অথবা ধাতুর অক্সাইডকে বিজারণ প্রক্রিয়াদ্বারা ধাতুতে পরিবর্তিত করিয়া ;

(3) ক্লোরিণের সহিত ধাতুকে সংযুক্ত করিয়া ধাতুর ক্লোরাইড গঠনদ্বারা অথবা ধাতুর বিশুদ্ধ ক্লোরাইড লইয়া তাহার বিশ্লেষণ-দ্বারা ;

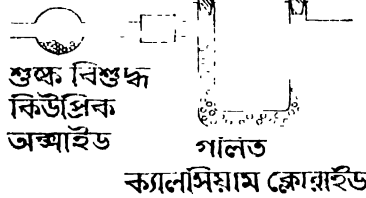
(4) একটি ধাতুকে অপর একটি ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া ;

(5) তড়িৎ-বিশ্লেষণ-প্রণালী প্রয়োগ করিয়া ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের সাহায্যে। (তড়িৎ-বিয়োজনের শেষ অংশে দ্রষ্টব্য।)

অধাতুর তুল্যাঙ্কভার-নির্ণয় :—প্রথমে অধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের বিষয় বলিতে গেলেই অক্সিজেন এবং কার্বনের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতির বিষয় বলা প্রয়োজন। বিজ্ঞানী ডুমা জলের যৌগিক সংযুতি নির্ণয় করিতে লোহিত-তপ্ত কালো কপার অক্সাইডের উপর দিয়া বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করেন এবং উৎপন্ন জলের পরিমাণ এবং কপার অক্সাইডের ওজনের হ্রাসের পরিমাণ

হইতে জলে কত ভাগ হাইড্রোজেনের সহিত কত ভাগ অক্সিজেন যুক্ত হইয়া আছে তাহা নির্ণয় করেন ("রসায়নের গোড়ার কথা", প্রথম ভাগ, চতুর্থ সংস্করণ পৃঃ ১১৯-১২০)। তিনি কার্বন ডাই-অক্সাইডের যৌগিক সংযুতি বিশুদ্ধ অক্সিজেনে কার্বন দগ্ধ করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপাদনের দ্বারা নির্ণয় করেন এবং উহাতে কত ভাগ ওজনের কার্বনের সহিত কত ভাগ ওজনের অক্সিজেন যুক্ত হইয়া আছে তাহা স্থির করেন। ("রসায়নের গোড়ার কথা", দ্বিতীয় ভাগ, পৃ. ১৩৩-১৩৫)। বৈজ্ঞানিক ডুমা যে যে পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া জল ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের যৌগিক সংযুতি নির্ণয় করেন সেই সেই পদ্ধতি পরীক্ষামূলকভাবে পুনরায় চালিত করিলে অক্সিজেনের এবং কার্বনের তুল্যাঙ্কভার স্থির করা যায়।

(ক) অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার-নির্ণয় পদ্ধতি: পরীক্ষা:— দুই দিকে নলযুক্ত একটি শক্ত কাচের তৈয়ারী কুণ্ডে (bulb) কিছু পরিমাণ শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ কালো কিউপ্রিক-অক্সাইড লওয়া হইল এবং তাহার ওজন তৌলদণ্ড সাহায্যে সঠিকভাবে নির্ধারণ করা হইল। কুণ্ডের একটি নলকে হাইড্রোজেন উৎপাদক-যন্ত্রের সহিত সংযুক্ত হাইড্রোজেনের বিশুদ্ধতা ও শুষ্কতা সম্পাদক শেষ U-নলের

চিত্র নং—1

নির্গমনলের সহিত যুক্ত করা হইল; কুণ্ডের অপর নলটি একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত সূক্ষ্মভাবে ওজন করা U-নলের সহিত যুক্ত করা হইল। যন্ত্রটিকে চিত্রে দেখান মত সাজাইয়া প্রথমে যন্ত্রটির মধ্য দিয়া শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন চালনা করিয়া যন্ত্রমধ্যস্থ বায়ু সম্পূর্ণরূপে বিতাড়িত করা হইল, পরে কিউপ্রিক অক্সাইডযুক্ত কুণ্ডটিকে বুনসেন দীপ সাহায্যে উত্তপ্ত করা হইল। উত্তপ্ত

কিউপ্রিক অক্সাইড হাইড্রোজেন-দ্বারা বিজারিত হয় এবং হাইড্রোজেন অক্সাইডের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জলীয় বাষ্প (H_2O) উৎপন্ন করে এবং এই উৎপন্ন H_2O হাইড্রোজেন স্রোতের দ্বারা চালিত হইয়া U-নলে অবস্থিত গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া যাইবার সময় সম্পূর্ণরূপে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-দ্বারা শোষিত হয়। পরীক্ষার শেষে বুনসেন দীপ সরাইয়া যন্ত্রটিকে হাইড্রোজেন স্রোতের দ্বারাই শীতল করা হইল। তাহার পর কুণ্ডটিকে এবং U-নলটিকে পৃথক করিয়া সূক্ষ্মভাবে ওজন করা হইল। কুণ্ডটির ওজন পূর্বের অপেক্ষা কম হয়, কারণ কিউপ্রিক অক্সাইড হইতে অক্সিজেন হাইড্রোজেন-দ্বারা অপসারিত হইয়াছে ; U-নলটির ওজন বৃদ্ধি পায়, কারণ U-নলস্থিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জল শোষণ করিয়াছে।

গণনা ঃ—মনে কর, পরীক্ষার পূর্বে কিউপ্রিক অক্সাইডসহ কুণ্ডের ওজন $= W$ গ্রাম

" " " পরে অবশিষ্ট কিউপ্রিক অক্সাইড এবং

কপারসহ কুণ্ডের ওজন $= W_1$ গ্রাম

∴ অক্সিজেনের ওজন $=(W-W_1)$ গ্রাম

মনে কর, পরীক্ষার পূর্বে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত

U-নলের ওজন $= W_2$ গ্রাম

" " " পরে " " ওজন $= W_3$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন এবং শোষিত জলের ওজন $=(W_3 - W_2)$ গ্রাম।

∴ হাইড্রোজেনের ওজন = জলের ওজন − অক্সিজেনের ওজন

$=[(W_3-W_2)-(W-W_1)]$ গ্রাম।

∴ অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কভার = 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন প্রকাশক সংখ্যা (সংজ্ঞা অনুসারে) $= \dfrac{W-W_1}{(W_3-W_2)-(W-W_1)}$ ।

(খ) কার্বনের তুল্যাঙ্কভার-নির্ণয়ের পদ্ধতি ঃ পরীক্ষা ঃ—তৌলদণ্ডে প্রথমে একটি ছোট পরিষ্কার এবং শুষ্ক পোর্সিলেন নৌকা ওজন করিয়া লওয়া হয়। পরে উহাতে প্রায় 0·2 গ্রাম পরিমাণ শর্করাজাত বিশুদ্ধ কার্বন (sugar charcoal) লইয়া উহা পুনরায় ওজন করা হয়। এই দুইটি ওজনে বিয়োগফল হইল গৃহীত কার্বনের যথার্থ ওজন। কার্বনসহ এই পোর্সিলেন নৌকাটি একটি কভাবে রক্ষিত দুই মুখ খোলা একটি শক্ত কাচের নলের ভিতর রাখা

হয়। কাচ-নলটির অপর অংশ নিম্নের চিত্রে প্রদর্শিত মত কিউপ্রিক অক্সাইড-দ্বারা পূর্ণ করিয়া রাখা হয়। নলটির দুই মুখ দুইটি কর্কদ্বারা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। গ্যাস চালনা করার জন্য কর্ক দুইটির মধ্য দিয়া দুইটি সরু কাচ-নল

চিত্র নং—2

যোগ করিয়া দেওয়া হয়। শক্ত কাচ-নলের যে প্রান্তে কার্বনযুক্ত নৌকাটি থাকে সেই প্রান্তের প্রবেশনল শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ অক্সিজেন-উৎপাদক যন্ত্রের সহিত যুক্ত করা হয়। অপর প্রান্তে সংযুক্ত ছোট কাচ-নল একটি সোডালাইম পূর্ণ (soda-lime) U-নলের সহিত যুক্ত করা হয়। উক্ত U-নলের অপর মুখে একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডপূর্ণ ছোট রক্ষী-নল (guard-tube) যোগ করা হয়। রক্ষীনলসহ U-নলটি সূক্ষ্মভাবে তৌলদণ্ডে ওজন করা হয়।

প্রথমে শুষ্ক বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রবাহ চালনা করিয়া কার্বনযুক্ত পোর্সিলেন নৌকাসহ শক্ত কাচ-নলের ভিতরের বায়ু অপসারিত করিয়া পরে সোডালাইমযুক্ত U-নল এবং তাহার পরে পর্যায়ক্রমে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের রক্ষীনল চিত্রে প্রদর্শিত মত লাগান হয়। অক্সিজেন প্রবাহ চালিত রাখিয়া প্রথমে কিউপ্রিক অক্সাইডকে চুল্লীতে দীপমালার সাহায্যে খুব উত্তপ্ত করিয়া পরে কার্বনযুক্ত পোর্সিলেন নৌকাটি উত্তপ্ত করা হয়। অক্সিজেনে উপরিলিখিত উত্তপ্ত কার্বনের দহন ঘটে এবং তাহার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) উৎপন্ন হয়; কিছু কার্বন মনোক্সাইডও উৎপন্ন হইতে পারে, কিন্তু উক্ত কার্বন মনোক্সাইড উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া যাইবার সময় সম্পূর্ণরূপে কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। সোডালাইম সম্পূর্ণরূপে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করে। কার্বন সম্পূর্ণরূপে পুড়িয়া গেলেও যতক্ষণ না

শীতল হয় ততক্ষণ অক্সিজেন চালনা অব্যাহত রাখা হয়; ইহাতে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড সম্পূর্ণরূপে অক্সিজেন-দ্বারা তাড়িত হইয়া নল হইতে বাহির হইয়া আসে এবং সোডা লাইমযুক্ত U-নলে শোষিত হয়। পরে রক্ষীনলসহ U-নলটি খুলিয়া লইয়া সূক্ষ্মভাবে পুনরায় তৌলদণ্ডে ওজন করা হয়।

গণনা ঃ ধরা যাউক, শূন্য পোর্সিলেন নৌকার ওজন $= a$ গ্রাম

পোর্সিলেন নৌকা ও কার্বনের ওজন $= b$ গ্রাম

$\therefore$ কার্বনের ওজন $= (b - a)$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে, রক্ষীনলসহ U-নলের ওজন $= c$ গ্রাম

পরীক্ষার পরে, " " $= d$ গ্রাম

$\therefore$ উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজন $= (d - c)$ গ্রাম

$\therefore$ $(b - a)$ গ্রাম কার্বনের সহিত

সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (d - c) - (b - a)$ গ্রাম।

$\therefore$ $(d - c) - (b - a)$ গ্রাম অক্সিজেন $(b - a)$ গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে।

$\therefore$ 1 গ্রাম অক্সিজেন $\dfrac{(b - a)}{(d - c) - (b - a)}$ গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হয়।

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেন $\dfrac{(b - a)}{(d - c) - (b - a)} \times 8$ গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হইতে পারে, এবং তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা অনুসারে ইহাই কার্বনের তুল্যাঙ্ক।

ধাতুর তুল্যাঙ্ক-নির্ধারণ ঃ—

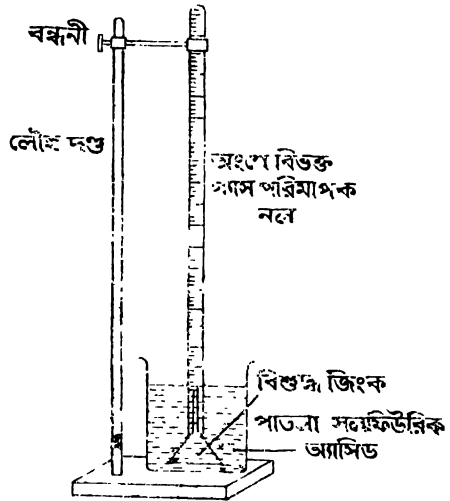
1. অ্যাসিড হইতে ধাতুর দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন-প্রণালী ঃ—যে ধাতু অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে (যথা, জিঙ্ক, ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি) সেই ধাতুর প্রকৃতরূপে ওজন-করা একটুকরা অ্যাসিডের দ্রবণে যোগ করিয়া হাইড্রোজেন উৎপাদন করা হয় এবং সেই হাইড্রোজেন যথাবিহিত ব্যবস্থাদ্বারা গ্যাস-পরিমাপক নলে (Eudiometer tube) সংগ্রহ করা হয়। সমস্ত ধাতু গলিয়া গেলে সংগৃহীত হাইড্রোজেনের আয়তন (V) এবং উহার উষ্ণতা ও চাপ সঠিকভাবে করা হয়। প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উহার আয়তন (V_1) গণনাদ্বারা ঠিক

করা হয়। উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন উক্ত আয়তনকে (V_1-কে) হাইড্রোজেনের ঘনত্ব (D) দ্বারা গুণ করিয়া পাওয়া যায়।

তখন সংজ্ঞা অনুসারে ধাতুর তুল্যাঙ্ক হইবে $= \frac{\text{ধাতুব ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}}$

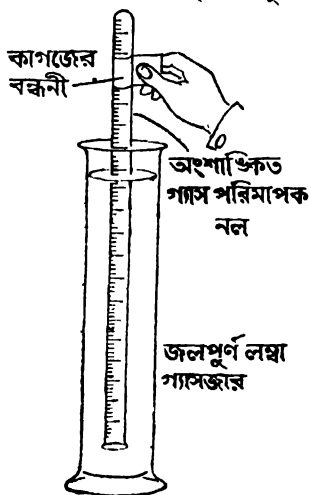
(ক) জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক নির্ধারণঃ

প্রায় 0·1 গ্রাম ওজনের বিশুদ্ধ জিঙ্কের একটি টুকরাকে সূক্ষ্মভাবে রাসায়নিক তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া একটি ঘড়ির কাচে (watch-glass) লওয়া হয়। পরে উক্ত জিঙ্কসমেত ঘড়ির কাচটি একটি বীকারের তলায় বসাইয়া দেওয়া ঘড়ির কাচটির উপর একটি ছোট-নল-বিশিষ্ট ফানেল উল্টাইয়া ঢাকা দেওয়া হয়। এইভাবে ঘড়ির কাচ ও ফানেল রাখিয়া বীকারে জল ঢালিয়া ফানেলের ছোট নলটিকে সম্পূর্ণরূপে জলের তলায় লওয়া হয়। একটি একমুখবন্ধ অংশাঙ্কিত গ্যাস-পরিমাপক নল জল ভর্তি করিয়া উহার খোলা মুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ-দ্বারা বন্ধ করিয়া বীকারের জলের ভিতর উল্টাইয়া ডুবাইয়া আঙ্গুল

চিত্র নং—১

সরাইয়া লওয়া হইল। তাহার পর গ্যাস-পরিমাপক নলটি সরাইয়া ফানেলের ছোট নলটির উপর আনিয়া ছোট নলটিকে সম্পূর্ণরূপে গ্যাস-পরিমাপক নলের ভিতর প্রবেশ করাইয়া বসান হইল। গ্যাস-পরিমাপক নলটিকে একটি লৌহদণ্ডের সহিত বন্ধনীর সাহায্যে আটকান হইল।

এইভাবে যন্ত্রটি সাজাইয়া পিপেটের সাহায্যে কিছু বিশুদ্ধ গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড বীকারের জলে ফানেলের মুখের কাছে যোগ করা হইল। প্রথমে, জিঙ্ক বিশুদ্ধ বলিয়া বিশেষ কোন বিক্রিয়া হয় না। সেইজন্য পিপেটের সাহায্যে কয়েক

পাতলা কপার সলফেটের দ্রবণ জিঙ্কের কাছে বীকারের জলে যোগ করা হইল। এখন হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হইতে থাকে এবং গ্যাস-পরিমাপক নলে জমা হয়।

যখন সমস্ত জিঙ্কের টুকরা দ্রবীভূত হইয়া যায়, তখন নলটির নিমজ্জিত খোলা-মুখ জলের ভিতর রাখিয়াই বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠের সাহায্যে সতর্কভাবে বন্ধ করিয়া বীকার হইতে উঠাইয়া আনা হয় এবং একটি জলপূর্ণ দীর্ঘ পাত্রে বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বন্ধ করা মুখ জলে ডুবাইয়া দিয়া বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ সরাইয়া লওয়া হয়। পরে গ্যাস-পরিমাপক নলটিকে সম্পূর্ণরূপে জলাধারের ভিতর কিছুক্ষণ ডুবাইয়া রাখা হয়। তাহাতে ভিতরের হাইড্রোজেন গ্যাসের উষ্ণতা জলাধারের জলের উষ্ণতার সমান হয়। এই অবস্থায় নলটিকে তুলিয়া হাত দিয়া না ধরিয়া কাগজের বন্ধনী দিয়া ধরিয়া নলের ভিতরের এবং বাহিরের জলতল সমান করা হয়। এইভাবে নলটি ধরার উদ্দেশ্য এই যে, হাতের উত্তাপে যেন গ্যাস প্রসারিত না হয়। এই অবস্থায় নলটির মধ্যে আবদ্ধ গ্যাসের আয়তন সঠিকভাবে পড়িয়া লিপিবদ্ধ করা হয়। একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে জলাধারে জলের উষ্ণতা এবং ব্যারোমিটার হইতে ঘরে বায়ুচাপ দেখিয়া লিখিয়া লওয়া হয়।

দেখা যায়

চিত্র নং—4

হাইড্রোজেন গ্যাসটি জলের উপর সংগৃহীত হইয়াছে, তাই ঘরের বায়ুচাপ = হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ + জলের উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ।

গণনা ঃ—ধরা যাউক, পরীক্ষায় গৃহীত জিঙ্কের টুকরার ওজন $= w$ গ্রাম, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন $= V$ ঘন সেন্টিমিটার, জলাধারের জলের উষ্ণতা তথা হাইড্রোজেন গ্যাসের উষ্ণতা $= t^\circ$ সেন্টিগ্রেড, ব্যারোমিটারের পঠিত বায়ুচাপ $= P$ মিলিমিটার (মার্কারীর সূতার উচ্চতা) এবং t° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ $= f$ মিলিমিটার (মার্কারীর সূতার উচ্চতা) (রেনোর হইতে পরিদৃষ্ট)।

এই পরীক্ষায় পাওয়া গেল যে w গ্রাম জিঙ্ক সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে t° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং (P−f) মিলিমিটার চাপে V ঘন সেন্টিমিটা'র হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। এখন এই উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন নির্ধারণ করিতে হইবে। প্রকৃতভাবে ওজন করিয়া স্থির করা হইয়াছে যে প্রমাণ উষ্ণতায় (0° সেন্টিগ্রেড) এবং চাপে (760 মিলিমিটার) 1 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 0·00009 গ্রাম। তাই উৎপন্ন হাইড্রোজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন কত হয় তাহা নির্ণয় করা প্রয়োজন। ধরা যাউক যে, উৎপন্ন হাইড্রোজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইল V_1 ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব বয়েল এবং চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুযায়ী

$$\frac{V \times (P-f)}{237+t} = \frac{V_1 \times 760}{273}$$

অথবা, $V_1 = \frac{V \times (P-f) \times 273}{760 \times (273+t)}$ ঘন সেন্টিমিটার এবং ইহার ওজন হইবে

$$\frac{V \times (P-f) \times 273}{760 \times (273+t)} \times 0{\cdot}00009 \text{ গ্রাম}$$

$= x$ গ্রাম, ধরা যাউক।

সুতরাং সংজ্ঞা অনুসারে জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক

$$= \frac{\text{জিঙ্কের ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}} = \frac{w}{x}$$

$$= \frac{w \times 760 \times (273+t)}{V \times (P-f) \times 273 \times 0{\cdot}00009}\text{।}$$

দ্রষ্টব্য :—(1) এই প্রক্রিয়ায় কপার সলফেটের দ্রবণ যোগ করার উদ্দেশ্য হইল জিঙ্ক কর্তৃক সামান্য কপার প্রতিস্থাপিত করা এবং তাহা জিঙ্কের উপর জমা হওয়ায় জিঙ্ক-কপার কপল্-এর (Zinc Copper-Couple) উদ্ভব হয় এবং তখন সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়া অতি শীঘ্র নিষ্পন্ন হয়। কিন্তু ইহাতে সামান্য জিঙ্ক হাইড্রোজেন উৎপাদন না করিয়া কপার প্রতিস্থাপন করিতে ব্যয়িত হয়। তাহার জন্য জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক একেবারে সঠিকভাবে নিধারিত হয় না। এই সামান্য ত্রুটি সংশোধন করিয়া বিশুদ্ধভাবে জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইলে জিঙ্কের টুকরাটি একটি প্লাটিনামের পাতের উপর রাখিয়া ফানেল চাপা দেওয়া হয় এবং সমস্ত যন্ত্রটি ঠিকমত সাজাইয়া লইয়া সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। যদি গ্যাস-পরিমাপক নলটিতে 50 ঘন সেন্টিমিটার গ্যাস ধরে তবে জিঙ্কের টুকরার ওজন 0·1 গ্রামের বেশী লওয়া যাইবে না

(2) ম্যাগনেসিয়াম, আয়রণ প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইলে এই পদ্ধতিই অবলম্বন করা হয়। এই সকল ক্ষেত্রে গ্যাস-পরিমাপক নলে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড ভর্তি করিয়া নলের মুখ বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বন্ধ করিয়া বীকারে স্থিত জলের উপর উল্টাইয়া আঙ্গুল সরাইয়া লওয়া হয়; তাহাতে নলটি পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড ভর্তিই থাকে। পরে ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রণের টুকরা ওজন করিয়া লইয়া বীকারের জলের তলায় রাখিয়া ফানেল চাপা দেওয়া হয়। পরে ফানেলের নলের মুখের উপর গ্যাস-পরিমাপক নল রাখিয়া ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রণের টুকরার নিকট পিপেটে করিয়া ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। এখানে কপার সলফেটের দ্রবণ যোগ করার কোন আবশ্যকতা নাই। এই পদ্ধতিতে টিন বা অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে হইলে সলফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়।

(খ) **ক্ষার হইতে ধাতুর দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া তুল্যাঙ্ক-নির্ধারণ ঃ**—অ্যালুমিনিয়াম, জিঙ্ক এবং টিনের তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ করিতে উক্ত ধাতুগুলির বিশুদ্ধ অবস্থায় নির্দিষ্ট ওজনের টুকরা একে একে লইয়া কষ্টিক সোডার গাঢ় দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করা হয়; ইহাতে উক্ত ধাতুগুলির টুকরা সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই উৎপন্ন হাইড্রোজেন যথাযথভাবে সংগ্রহ করিয়া উহার আয়তন নিধারণ করা হয়। গণনাংশ পূর্বরূপ।

2. (i) **অক্সাইড-যৌগ পদ্ধতি ঃ—**

(ক) **ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক ঃ**—ঢাকনাসহ একটি শুষ্ক পোর্সিলেন মুচিকে কয়েকবার উত্তপ্ত করিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া এবং ওজন করিয়া উহার স্থির-ওজন নির্ধারিত করা হইল। পরে মুচিতে একটু অক্সাইডমুক্ত ম্যাগনেসিয়ামের টুকরা লইয়া পুনরায় ওজন করা হইল। দুইটি ওজনের পার্থক্য হইতে গৃহীত ম্যাগনেসিয়ামের ওজন জানিতে পারা যায়। মুচিটিকে একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ত্রিকোণের (Clay-pipe triangle) উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে সতর্কতার সহিত উত্তপ্ত করা হয় এবং উত্তপ্ত করিবার সময় মাঝে মাঝে ঢাকনাটি একটু সরাইয়া মুখটি অল্প খুলিয়া দেওয়া হয়। ধীরে ধীরে উত্তাপের মাত্রা বাড়াইলে ম্যাগনেসিয়ামের দহন ঘটিয়া উহা সম্পূর্ণরূপে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। ঢাকনি খুলিবার সময় দেখিতে হইবে যে, কোন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উড়িয়া না যায়। দহন সম্পূর্ণ হইলে মুচিটিকে শোষকাধারে রাখিয়া সম্পূর্ণরূপে শীতল করিয়া পুনরায় ওজন করা হয়। যতক্ষণ না ওজন স্থিরাঙ্কে আসে ততক্ষণ উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন লওয়া ক্রমান্বয়ে চালাইয়া যাওয়া হয়।

গণনা ঃ—মনে কর, পোর্সিলেন মুচির + ঢাকনার ওজন $= W_1$ গ্রাম

পোর্সিলেন মুচির + ঢাকনার + ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= W_2$ গ্রাম

গৃহীত ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

পোর্সিলেন মুচির + ঢাকনার + ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন $= W_3$ গ্রাম

সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= (W_3 - W_2)$ গ্রাম

অতএব, $(W_3 - W_2)$ গ্রাম অক্সিজেন, $(W_2 - W_1)$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত সংযুক্ত হয়।

৪ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $\frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_2} \times ৪$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম সংযুক্ত হয়।

অতএব সংজ্ঞানুসারে, ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক $= \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_2} \times ৪.$

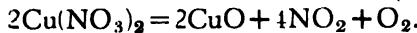
দ্রষ্টব্য ঃ—এই প্রণালীতে ম্যাগনেসিয়ামের নির্ণীত তুল্যাঙ্ক নির্ভুল নহে, কারণ উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সূক্ষ্ম কণা উত্তাপ প্রয়োগের সময় সামান্য পরিমাণে উড়িয়া যাওয়ার বিশেষ সম্ভাবনা আছে এবং অল্প পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম বায়ুর নাইট্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইডে (Mg_3N_2) রূপান্তরিত হয়। তাই এই প্রণালী কেবল তাত্ত্বিক প্রণালী (theoretical method). প্রকৃত তুল্যাঙ্ক নির্ধারণে ম্যাগনেসিয়ামের পক্ষে এই প্রণালী প্রয়োগ করা হয় না।

(খ) কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় ঃ—হাইড্রোজেন-প্রতিস্থাপন পদ্ধতি কপারের বেলায় প্রযোজ্য নয়, কারণ কপার কোন অ্যাসিড বা ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না। আবার ম্যাগনেসিয়ামের মত কপারকে সরাসরি বায়ুতে উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিণত করা সকল সময় সম্ভব নয়। তাই কপারের পরোক্ষ জারণ সংঘটিত করিয়া তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

একটি ঢাকনা-সমেত শুষ্ক পোর্সিলেন মুচিকে কয়েকবার উত্তপ্ত করিয়া, শোষকাধারে শীতল করিয়া এবং তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া উহার স্থির ওজন নির্ধারিত করা হয়। পরে একটি বিশুদ্ধ তামার তারের কয়েক টুকরা উক্ত মুচিতে লইয়া মুচিটিকে পুনরায় ওজন করা হয়। দুইটি ওজনের পার্থক্যই হইল গৃহীত তামার টুকরার ওজন। এখন মুচিতে ঢাকনা সামান্য সরাইয়া একটি পিপেট হইতে বিন্দু বিন্দু করিয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিলে তামার টুকরাগুলি অ্যাসিডে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া কপার নাইট্রেটের দ্রবণে পরিণত হয় এবং নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড নামক একটি লাল রংএর গ্যাস বাহির হইয়া যায়। বিক্রিয়া শেষে

মুচির ঢাকনার গায়ে যদি কোন সবুজ রংএর দ্রবণ লাগিয়া থাকিতে দেখা যায়, তবে তাহা ধৌত বোতল হইতে সাবধানে পাতিত জলের সাহায্যে ধুইয়া মুচির দ্রবণে যোগ করা হয়। $Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$.

এই বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হইলে দ্রবণ-সমেত মুচিটিকে ঢাকনা না লাগাইয়া জলগাহের উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সমস্ত নাইট্রিক অ্যাসিড এবং জল বাষ্পীভূত হইয়া চলিয়া যাইবে এবং মুচিতে কঠিন সবুজ কপার নাইট্রেট পড়িয়া থাকিবে। এখন মুচিটিকে অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ত্রিকোণের উপর রাখিয়া বুনসেন শিখার সাহায্যে ক্রমশঃ তাপ দিয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। অত্যধিক উত্তাপে কপার নাইট্রেট বিয়োজিত হইয়া কালো রংএর কপার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন গ্যাসসমূহ বাহির হইয়া যায়।

$$2Cu(NO_3)_2=2CuO+4NO_2+O_2.$$

যখন আর কোন গ্যাস নির্গত না হয়, তখন মুচিটিকে ঢাকনা লাগাইয়া কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিয়া পরে শোষকাধারে রাখিয়া ঠাণ্ডা করিয়া ওজন লওয়া হয়। মুচিটিকে উত্তপ্ত করা, শোষকাধারে ঠাণ্ডা করা এবং ওজন লওয়া বার বার প্রয়োজন, যতক্ষণ না মুচির ওজন স্থিরাঙ্কে আসে। এইভাবে মুচিটির ভিতরে লওয়া কপারের টুকরাগুলিকে সম্পূর্ণরূপে কপার অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয় এবং উৎপন্ন কপার অক্সাইডের ওজন স্থির করা হয়।

গণনা ঃ—

মুচির + ঢাকনার ওজন $= W_1$ গ্রাম

মুচির + ঢাকনার + কপারের টুকরার ওজন $= W_2$ গ্রাম

গৃহীত কপারের টুকরার ওজন $=(W_2-W_1)$ গ্রাম

মুচির + ঢাকনার + কপার অক্সাইডের ওজন $= W_3$ গ্রাম।

সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=(W_3-W_2)$ গ্রাম

অতএব (W_3-W_2) গ্রাম অক্সিজেন (W_2-W_1) গ্রাম কপারের সহিত সংযুক্ত হইয়া কপার অক্সাইড উৎপন্ন করে।

অতএব ৪ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত $\frac{W_2-W_1}{W_3-W_2}\times 8$ গ্রাম কপার সংযুক্ত হইয়া কপার অক্সাইড দেয়।

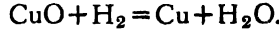
$\therefore$ সংজ্ঞা অনুসারে কপারের তুল্যাঙ্ক $=\frac{W_2-W_1}{W_3-W_2}\times 8.$

(গ) কপারের ন্যায় জিঙ্ক, টিন, লেড, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতির তুল্যাঙ্কও একই পদ্ধতিতে নির্ধারণ করা যাইতে পারে। ধাতুর কিছু অংশ পূর্বের মত উপায়ে ওজন করিয়া লইয়া নাইট্রিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করা হয়। টিনের বেলায় পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার করিয়া উহাকে ষ্ট্যান্‌স্‌ নাইট্রেটে পরিবর্তিত করা হয়। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে দ্রবণটিকে জলগাহে রাখিয়া অ্যাসিড এবং জল বাষ্পীভূত করিয়া অপসারিত করা হয়। পরে কঠিন ধাতব নাইট্রেটকে তীব্র উত্তাপপ্রয়োগে টিন ডাই-অক্সাইডে (SnO_2) রূপান্তরিত করিয়া ওজন লওয়া হয়। কপারের বেলায় প্রযোজ্য গণনা এখানে প্রয়োগ করিয়া ধাতুর তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হয়।

2. (ii) ধাতুর অক্সাইড যৌগিককে ধাতুতে রূপান্তরিতকরণ বা হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ পদ্ধতি :—

কপার, আয়রণ ইত্যাদির তুল্যাঙ্ক :—

কপার, আয়রণ প্রভৃতির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করিতে উহাদের অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া ধাতুতে রূপান্তরিত করা হয়। যেমন,

$$CuO + H_2 = Cu + H_2O.$$

একটি পোর্সিলেন বোটে (boat) নির্দিষ্ট পরিমাণ ধাতব অক্সাইড লওয়া হয়। প্রথমে শূন্যবোট এবং পরে ধাতব অক্সাইডযুক্ত বোট ওজন করিয়া অক্সাইডের ওজন ঠিক করিয়া লওয়া হয়। ধাতব অক্সাইডযুক্ত বোটটি একটি শক্ত কাচ-নলের ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়। উত্তপ্ত করিবার আগে নলের একমুখ দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করা হয় এবং পরে অন্য মুখ দিয়া জলীয় বাষ্প এবং অতিরিক্ত হাইড্রোজেন বাহির করা হয়। ধাতব অক্সাইড লোহিত-তপ্ত হইলে উহা সম্পূর্ণরূপে বিজারিত হইয়া ধাতব মৌল উৎপন্ন করে। বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে দীপ নির্বাপিত করিয়া উৎপন্ন ধাতুকে হাইড্রোজেন চালনা করিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। পরে ধাতুযুক্ত পোর্সিলেন বোটটি বাহিরে আনিয়া শোষকাধারে ঠাণ্ডা করিয়া ওজন করা হয়।

ধাতব অক্সাইডের ওজন এবং ধাতুর ওজন হইতে ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নিম্নলিখিত-ভাবে গণনা করিয়া স্থির করা হয় :

গণনা :— শূন্য পোর্সিলেন বোটের ওজন $= W_1$ গ্রাম

পোর্সিলেন বোট + ধাতব অক্সাইডের ওজন $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতব অক্সাইডের ওজন $= (W_2 - W_1)$ গ্রাম

পোর্সিলেন বোট+ধাতুর ওজন $= W_3$ গ্রাম

$\therefore$ ধাতুর ওজন $= W_3 - W_1$ গ্রাম।

$\therefore$ $(W_3 - W_1)$ গ্রাম ধাতুর সহিত $[(W_2 - W_1) - (W_3 - W_1)]$ বা $(W_2 - W_3)$ গ্রাম অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া ধাতুর অক্সাইড গঠন করে।

$\therefore$ 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত ধাতুর ওজন $= \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_3} \times ৮$ গ্রাম,

অতএব, সংজ্ঞা অনুসারে ধাতুর তুল্যাঙ্ক $= \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_3} \times ৮$.

3. ক্লোরিণের সহিত সংযোগদ্বারা অথবা পরোক্ষভাবে গণনাদ্বারা ক্লোরিণের সহিত সংযুতি নির্ণয়দ্বারা।

(ক) **সিলভারের তুল্যাঙ্কভার** :—বিশুদ্ধ এবং পরিষ্কৃত সিলভারের পাত হইতে এক টুকরা কাটিয়া লইয়া তৌলদণ্ড সাহায্যে উহার যথার্থ ওজন স্থির করা হয়। এই সিলভারের পাতটুকু একটি বীকারে রাখিয়া উহাতে গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। সমস্ত সিলভার উহাতে দ্রবীভূত হইলে সামান্য নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া দ্রবণটি অম্লধর্মী করা হয়।

$$Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O.$$

অতঃপর এই সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড একটু একটু করিয়া যোগ করা হয় এবং কাচদণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণটিকে আলোড়িত করা হয়। ইহাতে সিলভার নাইট্রেটের সমস্ত সিলভার সিলভার ক্লোরাইডরূপে কঠিন আকারে অধঃক্ষিপ্ত হয়। তখন মিশ্রণটিকে ফুটাইয়া ঠাণ্ডা করা হয়। দেখা যাইবে যে, সিলভার ক্লোরাইডের সমস্ত অধঃক্ষেপ বীকারের তলদেশে জমা হইয়াছে এবং উপরের জল পরিষ্কার হইয়াছে। তখন সামান্য পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কাচদণ্ডের গা বাহিয়া উপরের পরিষ্কার জলে যোগ করা হয়। তাহাতে জল ঘোলা না হইলে বুঝা যাইবে যে সমস্ত সিলভারই সিলভার-ক্লোরাইডে পরিণত হইয়াছে। $AgNO_3 + HCl = AgCl + HNO_3$। এখন একটি ওজন করা (tared) ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়া দ্রবণটিকে পরিস্রুত করা হয় এবং ফিল্টার কাগজে স্থিত অধঃক্ষেপটিকে প্রথমে অল্প পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা ধুইয়া পরে পাতিত জলদ্বারা ধুইয়া লইতে হয়। অধঃক্ষেপ-সহ ফিল্টার কাগজটিকে প্রথমে

100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং পরে 130° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় একটি বায়ুচুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া পরে শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করা হয়। শীতল হইলে পূর্ববৎ অধঃক্ষেপ-সমেত ফিল্টার কাগজের ওজন লওয়া হয়। ওজন স্থিরাঙ্কে না আসা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা, শীতল করা, এবং ওজন করা ক্রমান্বয়ে সম্পাদিত করা হয়।

গণনা ঃ—ধরা যাউক, সিলভারের ওজন $= W$ গ্রাম ; সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= W_1$ গ্রাম $\therefore$ সংযুক্ত ক্লোরিণের ওজন $= (W_1 - W)$ গ্রাম

$\therefore$ $(W_1 - W)$ গ্রাম ক্লোরিণের সহিত W গ্রাম সিলভার সংযুক্ত হইয়া সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

অতএব সংজ্ঞা অনুসারে সিলভারের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{W}{W_1 - W} \times 35{\cdot}5.$

(খ) সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার ঃ—

সোডিয়াম বা পটাসিয়াম বিশুদ্ধভাবে পাওয়া কঠিন এবং তাহাদের ওজন লওয়া সম্ভব নয় : পরন্তু সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লইয়া পরীক্ষা করা বিপজ্জনক। কারণ ইহারা বায়ুর অক্সিজেনের সহিত সহজেই বিক্রিয়া ঘটাইয়া জ্বলিয়া উঠে। তাই ইহাদের তুল্যাঙ্ক পরোক্ষভাবে নির্ণয় করা হয়।

বিশুদ্ধ পটাসিয়াম ক্লোরাইড (বা সোডিয়াম ক্লোরাইড) ওজন করিবার বোতলে (weighing bottle) লইয়া তাহার কিছু অংশ ওজন করিয়া একটি বীকারে লওয়া হয়। তাহার পর উহাকে পাতিত জলে দ্রবীভূত করা হয়। এখন দ্রবণটিকে সামান্য নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া অম্লীকৃত করিয়া উহাতে ধীরে ধীরে সিলভার নাইট্রেটের পাতলা দ্রবণ যোগ করা হয় এবং কাচদণ্ডের সাহায্যে মিশ্রণটিকে নিয়ত আলোড়িত করা হয়। তাহাতে উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ সংবদ্ধ (coagulated) হইয়া সহজেই বীকারের তলদেশে জমা হয়। উপরের জল পরিষ্কার হইয়া যায়—এখন আর একটু সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিয়া দেখা হয় যে, আরও অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় কি না। যখন সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ কাচদণ্ডের সাহায্যে যোগ করিলে উপরের জল পরিষ্কার থাকে তখন বোঝা যায় যে, পটাসিয়াম ক্লোরাইডের (বা সোডিয়াম ক্লোরাইডের) সমস্ত ক্লোরিণ সিলভার ক্লোরাইড হিসাবে অধঃক্ষিপ্ত হইয়াছে। এখন দ্রবণটিকে উত্তপ্ত করিয়া ফুটাইয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং একটি ওজন করা ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়া পরিস্রুত করা হয় এবং ফিল্টার কাগজের উপরে স্থিত সিলভার ক্লোরাইডকে

সামান্য পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডদ্বারা ধৌত করিয়া পরে পাতিত জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। ভিজা অধঃক্ষেপটিকে সতর্কভাবে একটি বায়ুচুল্লীতে (air-oven) 130° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় শুষ্ক করিয়া পরে শোষাকাধারে শীতল করিয়া পূর্ববৎ ওজন করা হয়। শেষ ওজন স্থিরাঙ্কে না আসা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে চালাইয়া যাইতে হয়। $KCl + AgNO_3 = KNO_3 + AgCl$.

গণনা ঃ—ধরা যাউক,

পটাসিয়াম (বা সোডিয়াম) ক্লোরাইডের গৃহীত ওজন $= W$ গ্রাম

সিলভার ক্লোরাইড + ফিল্টার কাগজের ,, $= W_1$ গ্রাম

ফিল্টার কাগজের ,, $= W_2$ গ্রাম

∴ সিলভার ক্লোরাইডের ,, $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

এক্ষণে জানা আছে যে, (108+35·5) বা 143·5 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে 35·5 গ্রাম ক্লোরিণ থাকে।

∴ $(W_1 - W_2)$ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে ক্লোরিণের পরিমাণ

$= \frac{(W_1 - W_2) \times 35·5}{143·5}$ গ্রাম $= X$ গ্রাম, ধরা যাউক।

এই ক্লোরিণ সম্পূর্ণরূপে W গ্রাম পটাসিয়াম (বা সোডিয়াম) ক্লোরাইড হইতে আসিতেছে।

∴ পটাসিয়াম বা সোডিয়াম ক্লোরাইডে পটাসিয়ামের (বা সোডিয়ামের) ওজন $= (W - X)$ গ্রাম

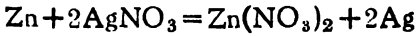
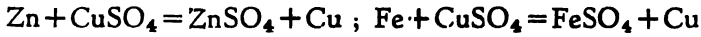
অতএব, সংজ্ঞা অনুসারে, পটাসিয়ামের (বা সোডিয়ামের) তুল্যাঙ্কভার

$$= \frac{(W - X)}{X} \times 35·5 \text{ ।}$$

4. এক ধাতুর দ্বারা অপর ধাতুর প্রতিস্থাপন ঃ—

অনেক সময় ধাতব যৌগের দ্রবণ হইতে ধাতুটিকে অন্য একটি ধাতু যোগ করিয়া প্রতিস্থাপিত করা যায়। বেশী ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত (strongly electropositive) ধাতু দ্বারা কম ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত (weakly electropositive) ধাতুর লবণের দ্রবণ হইতে ধাতুটিকে মুক্ত করিতে পারা যায় এবং এই রাসায়নিক প্রতিস্থাপনের সময় মৌলগুলি সর্বদাই পরস্পরের তুল্যাঙ্ক অনুপাতে প্রতিস্থাপন করিয়া থাকে। জিঙ্ক বা আয়রণ কপার সালফেটের দ্রবণ হইতে কপার এবং জিঙ্ক সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ হইতে সিলভার প্রতিস্থাপিত করে।

$Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$; $Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu$

$Zn + 2AgNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2Ag$

কপারের তুল্যাঙ্কভার ঃ—বিশুদ্ধ জিঙ্কের কিছু পরিমাণ তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া লইয়া কপার সলফেটের দ্রবণে যোগ করা হয়। জিঙ্ক ক্রমশঃ গলিয়া যাইতে থাকে এবং দ্রবণ হইতে চূর্ণ অবস্থায় ধাতব কপার পৃথক হইয়া আসে। এখন দ্রবণটিকে অল্প-পরিমাণে উত্তপ্ত করা হয় এবং জিঙ্কের টুকরাটি সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত হইয়া যায়। কপারের চূর্ণ অধঃক্ষেপকে একটি ওজন করা ফিল্টার কাগজের মধ্য দিয়া পরিস্রুত করা হয়। পরিস্রাবণের সময় লক্ষ্য রাখিতে হয় যে কোন ধাতুচূর্ণ ফিল্টার কাগজের বাহিরে না চলিয়া যায়। ফিল্টার কাগজের উপরে ধৃত কপারের অধঃক্ষেপটি প্রথমে উষ্ণজলদ্বারা ধৌত করিয়া কপার সলফেট হইতে মুক্ত করা হয় এবং পরে দুই তিনবার অ্যালকোহল দ্বারা ধৌত করা হয়। পরে অধঃক্ষেপটিসমেত ফিল্টার কাগজটি বায়ুচুল্লীতে শুষ্ক করিয়া শোষকাধারে শীতল করা হয় এবং শীতল হইলে ওজন লওয়া হয়। ওজন স্থিরাঙ্কে না-আসা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন লওয়া ক্রমাগত চালাইয়া যাইতে হয়।

গণনা ঃ—মনে কর, গৃহীত জিঙ্কের ওজন $= W$ গ্রাম

কপার + ফিল্টার কাগজের „ $= W_1$ গ্রাম

ফিল্টার কাগজের „ $= W_2$ গ্রাম

$\therefore$ উৎপন্ন কপারের ওজন $= (W_1 - W_2)$ গ্রাম

এখন জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার 32·75 হইলে (পূর্বে বর্ণিত প্রণালীর সাহায্যে নির্ধারিত), সংজ্ঞা অনুসারে কপারের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{W_1 - W_2}{W} \times 32{\cdot}75$

দ্রষ্টব্য ঃ—এই গণনা হইতে দেখা যাইতেছে যে,

$$\frac{\text{উৎপন্ন কপারের ওজন}}{\text{গৃহীত জিঙ্কের ওজন}} = \frac{\text{কপারের তুল্যাঙ্কভার}}{\text{জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার}}$$

এই উপায়ে অন্যান্য ধাতু (যথা—আয়রণ) এবং ধাতব লবণের দ্রবণ (যথা—সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ লইয়া এইরূপ পরীক্ষা দ্বারা ধাতব মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়। সিলভারের তুল্যাঙ্কভার অতি সূক্ষ্মভাবে অন্য উপায়ে স্থিরীকৃত হইয়াছে তাই এই পদ্ধতিতে আয়রণের তুল্যাঙ্কভার অতি সহজেই সূক্ষ্মভাবে নির্ণীত হয়

5. (ক) তুল্যাঙ্কতার সম্পর্কিত গণনা :—

(1) By dissolving 0·224 gram of a metal in acid, 285 c.c. of dry hydrogen at 17°C and 780 mm. pressure were obtained. Calculate the equivalent weight of the metal.

ধরা যাউক প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন হইবে V ঘন সেন্টিমিটার।

তাহা হইলে বয়েল এবং চার্লসের যুক্ত সূত্রানুসারে $\frac{285 \times 780}{273+17} = \frac{V \times 760}{273+0}$

অথবা, $V = \frac{285 \times 780 \times 273}{290 \times 760}$ ঘন সেন্টিমিটার $= 274·7$ ঘন সেন্টিমিটার।

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন হইল 0·00009 গ্রাম,
∴ প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 274·7 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন হইবে $274·7 \times 0·00009$ গ্রাম $= 0·0247$ গ্রাম

অতএব, 0·0247 গ্রাম হাইড্রোজেন 0·224 গ্রাম ধাতুদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

∴ ধাতুটির তুল্যাঙ্ক $= \frac{0·224}{0·0247} = 9·07$।

(2) By dissolving 0·218 gram of magnesium in hydrochloric acid, 218·2 c.c. *moist* hydrogen at 17°C. and 754·5 mm. pressure were collected. Calculate the equivalent weight of magnesium. (Aqueous tension at 17°C. is 14·4 mm.)

এখানে শুষ্ক হাইড্রোজেনের চাপ $= (754·5 - 14·4)$ অথবা 740·1 মিলিমিটার পারদের চাপ।

ধরা যাউক প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উৎপন্ন শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন হইবে V ঘন সেন্টিমিটার।

বয়েল ও চার্লসের যুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{218·2 \times 740·1}{273+17} = \frac{V \times 760}{273+0}$$

∴ $V = \frac{218·2 \times 740·1 \times 273}{760 \times 290}$ ঘন সেন্টিমিটার $= 200$ ঘন সেন্টিমিটার

এক্ষণে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন হইল 0·00009 গ্রাম

∴ প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 200 „ „ „ „

$200 \times 0·00009$ গ্রাম $= 0·018$ গ্রাম

∴ সংজ্ঞানুসারে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক $= \frac{0·218}{0·018} = 12·11$ ।

(3) On converting 1·308 grams of a metal into its oxide, 1·628 grams of the oxide were obtained. Calculate the equivalent weight of the metal.

ধাতুটির অক্সাইডের ওজন $= 1·628$ গ্রাম।

ধাতুটির ওজন $= 1·308$ গ্রাম।

∴ 1·308 গ্রাম ধাতুর সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= 0·32$ গ্রাম। অতএব সংজ্ঞানুসারে 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত ধাতুর ওজন হইবে উহার তুল্যাঙ্ক।

ধাতুটির তুল্যাঙ্ক $= \frac{1·308 \times 8}{0·32} = 32·7$ ।

(4) 0·639 gram of silver was dissolved in nitric acid. To that nitric acid solution of silver, hydrochloric acid was added so as to convert all the silver into silver chloride. Silver chloride formed in this way was filtered, washed, dried and weighed, and its weight was found to be 0·8493 gram. Calculate the equivalent weight of silver.

উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= 0·8493$ গ্রাম

• সিলভারের ওজন $= 0·639$ গ্রাম

∴ 0·639 গ্রাম সিলভারের সহিত সংযুক্ত ক্লোরিণের ওজন $= 0·2103$ গ্রাম

এক্ষণে সংজ্ঞানুসারে সিলভারের যে ওজন 35·5 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত হয় তাহাই উহার তুল্যাঙ্ক।

∴ সিলভারের তুল্যাঙ্ক $= \frac{0·639 \times 35·5}{0·2103} = 107·87$

(5) A chloride of an element contains 38·11 per cent. of chlorine. Calculate the equivalent weight of the element.

যেহেতু মৌলের ক্লোরাইডে শতকরা 38·11 ভাগ ক্লোরিণ আছে, অতএব উক্ত ক্লোরাইডে মৌলটি শতকরা (100-38·11) ভাগ বা 61·89 ভাগ বর্তমান।

অতএব, 38·11 ভাগ ক্লোরিণের সহিত 61·89 ভাগ মৌল সংযুক্ত হইয়া ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

∴ সংজ্ঞানুসারে 35·5 ভাগ ক্লোরিণের সহিত সংযুক্ত মৌলটির পরিমাণ হইল তাহার তুল্যাঙ্ক, এবং তাহা হইল $=\frac{61.89}{38.11}\times 35.5$ অথবা 57·65।

(6) On adding silver nitrate solution in excess to a solution containing 1 gram of potassium chloride, silver chloride weighing 1·926 grams were obtained. If the equivalent weight of silver be 108 and that of chlorine 35·5, calculate the equivalent weight of potassium.

সিলভার ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত হইল AgCl এবং তাহার আণবিক ওজন হইল (108+35·5) অথবা 143·5। অতএব, 143·5 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে 35·5 গ্রাম ক্লোরিণ আছে। সুতরাং 1·926 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে $\frac{1.926\times 35.5}{143.5}$ গ্রাম অথবা 0·4765 গ্রাম ক্লোরিণ আছে। এই ক্লোরিণ সম্পূর্ণরূপে 1 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড হইতে আসিয়াছে। অতএব, 1 গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইডে 0·4765 গ্রাম ক্লোরিণ (1 − 0·4765) বা 0·5235 গ্রাম পটাসিয়ামের সহিত সংযুক্ত হইয়া আছে। সুতরাং, সংজ্ঞানুসারে পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্ক $=\frac{0.5235\times 35.5}{0.4765}=39.001$।

(7) 0·3 gram of zinc displaces 1 gram of silver from a solution of silver nitrate. If the equivalent weight of zinc be 32·5, calculate the equivalent weight of silver.

0·3 গ্রাম জিঙ্ক সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ হইতে 1 গ্রাম সিলভার প্রতিস্থাপিত করে।

∴ 1 গ্রাম " " " " $\frac{1}{0.3}$ " " " "

∴ 32·5 " " " " " $\frac{1\times 32.5}{0.3}$ " " " "

অতএব, সংজ্ঞানুসারে সিলভারের তুল্যাঙ্ক $=\frac{32.5}{0.3}=\frac{325}{3}=108.33$।

(8) One gram of calcium chloride (anhydrous) was dissolved in water and then treated with a solution of sodium sulphate. The weight of calcium sulphate produced by complete precipitation was found to be 1·225 grams. What is the equivalent weight of calcium ? (Equivalent weight of chlorine is 35·5 and of sulphate radical is 48.)

$$\frac{\text{ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ওজন}}{\text{ক্যালসিয়াম সলফেটের ওজন}}=\frac{1·000}{1·225}।$$

যদি ক্যালসিয়ামের তুল্যাঙ্ক x ধরা যায়, তবে তুল্যাঙ্ক অনুপাতসূত্র (Law of Equivalent proportions, এই পুস্তকের দ্বিতীয় ভাগ পৃঃ ২৩ দ্রষ্টব্য) অনুসারে

$$\frac{x+35·5}{x+48}=\frac{1·000}{1·225}$$

অথবা, $1·225x+43·4875=x+48$

$\therefore \quad 1·225x-x \qquad =48-43·4875$

অথবা, $0·225x=4·5125 \quad \therefore \quad x=\frac{4·5125}{0·225}=20·06$ ।

(খ) তুল্যাঙ্কভার এবং পারমাণবিক ওজন

যে কোন মৌলের পারমাণবিক ওজনের নিম্নলিখিত দুইভাবে সংজ্ঞা দেওয়া হয় :—

(1) যে-কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন বলিতে এইরূপ একটি সংখ্যাকে বুঝায়, যে সংখ্যা দ্বারা উক্ত মৌলের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর তুলনায় কত গুণ ভারী তাহা বুঝা যায়।

$$\text{অতএব, মৌলের পারমাণবিক ওজন}=\frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}।$$

(2) যে-কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন হইল উক্ত মৌল হইতে উৎপন্ন যতগুলি যৌগ হয়—তাহাদের মধ্যে উক্ত মৌলের সর্বপেক্ষা কম যে ওজন বর্তমান থাকিতে দেখা যায়।

গ্রাম-পারমাণবিক ওজন অথবা 1 গ্রাম-পরমাণু হইল গ্রামে প্রকাশ করা পারমাণবিক ওজন। যেমন ম্যাগনেসিয়ামের 1 গ্রাম-পরমাণু ম্যাগনেসিয়ামের 24 গ্রামকে বুঝায়।

পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে যে, পারমাণবিক ওজন বাহির করিতে 1 পরমাণু হাইড্রোজেনের ওজনকে প্রমাণ ধরা হইয়াছে। কিন্তু তাহাতে অনেক প্রকার অসুবিধা দেখা দেওয়ায় অক্সিজেনের 1 পরমাণুর ওজনকে 16·000 প্রমাণ ধরিয়া অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ওজন স্থির করা হয়। তাহাতে হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন হয় 1·008। তাই ঠিকভাবে তুল্যাঙ্কভারের সংজ্ঞা দিতে হইলে 1 গ্রাম হাইড্রোজেনের স্থলে 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন বলিতে হয়।

এক্ষণে তুল্যাঙ্কভার ও পারমাণবিক ওজনের ভিতর সম্পর্ক নিম্নলিখিত উপায়ে দেখান হয়ঃ—

(i) 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 1 ভাগ ওজন হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

অতএব, সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার হইল 23 (সংজ্ঞানুসারে)

আবার, সোডিয়ামের পারমাণবিক ওজন হইল 23 (হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 ধরিয়া)

আরও জানা আছে যে, 1 পরমাণু সোডিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 1 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

অতএব, সংজ্ঞানুসারে সোডিয়ামের যোজ্যতা $=1$।

সুতরাং সোডিয়ামের যোজ্যতা $=23\div 23=$ সোডিয়ামের পারমাণবিক ওজন $\div$ সোডিয়ামের তুল্যাঙ্কভার।

(ii) আবার 32·75 ভাগ ওজনের জিঙ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

অতএব, সংজ্ঞানুসারে জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার $=32·75$

আবার জিঙ্কের পারমাণবিক ওজন হইল 65·5, যখন হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন হইল 1।

আরও জানা আছে যে, 1 পরমাণু জিঙ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 2 পরমাণু বা 1 অণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

সুতরাং জিঙ্কের যোজ্যতা $=2$ (সংজ্ঞানুসারে)।

অতএব, জিঙ্কের যোজ্যতা $=65·5\div 32·75=$ জিঙ্কের পারমাণবিক ওজন $\div$ জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার।

(iii) 9 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করে।

অতএব, সংজ্ঞানুসারে অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার $= 9$ ।

কিন্তু হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন 1 ধরিয়া অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন হয় 27 ।

আবার 1 পরমাণু অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে 3 পরমাণু হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে।

অতএব, সংজ্ঞানুসারে অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা $= 3$ ।

সুতরাং অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা $= 27 \div 9 =$ অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন $\div$ অ্যালুমিনিয়ামের তুল্যাঙ্কভার।

এইভাবে প্রত্যেক মৌলের ক্ষেত্রেই দেখান যাইতে পারে যে, মৌলটির যোজ্যতা $=$ মৌলটির পারমাণবিক ওজন $\div$ মৌলটির তুল্যাঙ্কভার।

অথবা, যে কোন মৌলের **পারমাণবিক ওজন** $=$ সেই মৌলের **তুল্যাঙ্কভার** $\times$ মৌলের **যোজ্যতা**।

অতএব যে-কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন উহার তুল্যাঙ্কভারকে একটি অখণ্ড পূর্ণসংখ্যাদ্বারা গুণ করিয়া পাওয়া যায়। এখন যে-কোন মৌলের তুল্যাঙ্কভার সঠিকভাবে পূর্বে উল্লিখিত প্রণালীগুলির একটি না একটি প্রয়োগ করিয়া নির্দ্ধারিত করা যায়। তাই মৌলের পারমাণবিক ওজন তাহার সঠিকভাবে নির্দ্ধারিত তুল্যাঙ্কভারকে উহার যোজ্যতাদ্বারা গুণ করিয়া সঠিকভাবে পাওয়া যায়। যে-কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন বলিতে উক্ত মৌলের এক পরমাণু হাইড্রোজেনের এক পরমাণুর ওজন অপেক্ষা কতগুণ ভারি তাহাই প্রকাশ করা হয়। এইভাবে পরমাণুর ওজন প্রকাশ করিবার সময় হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনকে একক (unit) ধরা হয়। যেমন অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন 16 বলিতে বুঝায় যে, অক্সিজেনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজনের তুলনায় ষোল গুণ ভারি।

আবার বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর হাইড্রোজেনের পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা বিভিন্ন প্রকার। যোজ্যতার সংজ্ঞানুসারে আমরা জানি যে, মৌলের যোজ্যতা যত মৌলটির একটি পরমাণু তত সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত

যুক্ত হয়। বিভিন্ন মৌলের এইভাবে হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবার ক্ষমতা বিভিন্ন প্রকার। যথা, অক্সিজেনের যোজ্যতা 2 ; তাই অক্সিজেনের একটি পরমাণু হাইড্রোজেনের দুইটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ জল (H_2O) গঠন করে।

অতএব, যদি কোন মৌলের যোজ্যতা ধরা যায় V এবং তাহার পারমাণবিক ওজনকে ধরা যায় A তাহা হইলে আমরা সংজ্ঞানুসারে জানিতে পারি যে, V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু মৌলিক পদার্থটির একটি পরমাণুর সঙ্গে যুক্ত হয়।

এখন, V সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন $= V \times 1 = V$

এবং মৌলটির একটি পরমাণুর ওজন $= A$

অতএব, V ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন A ভাগ ওজনের মৌলের সহিত যুক্ত হয়

$\therefore$ 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন $\frac{A}{V}$ ভাগ " " " " "

কিন্তু একটি মৌলের যে পরিমাণ ওজন একভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়, তাহাই মৌলটির তুল্যাঙ্কভার। তাই মৌলটির তুল্যাঙ্কভারকে E ধরিলে,

$E = \frac{A}{V}$, অথবা, $A = E \times V$

অথবা, **পারমাণবিক ওজন = তুল্যাঙ্কভার × যোজ্যতা।**

(গ) পারমাণবিক ওজন নির্ণয়।

যে-কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন নির্দ্ধারণ করিতে নিম্নে উল্লিখিত উপায়গুলি অবলম্বিত হইয়া থাকে :—

(i) তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিয়া (রাসায়নিক পদ্ধতি)।

(ii) অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগদ্বারা (যখন মৌলটির অনেকগুলি সুস্থিত গ্যাসীয় অথবা উদ্বায়ী যৌগ পাওয়া যায় তখন প্রযোজ্য—ইহাকেই **ক্যানিজারো পদ্ধতি** বলে)।

(iii) ডুলং এবং পেটিটের সূত্র প্রয়োগ করিয়া (কেবলমাত্র কঠিন মৌলগুলির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য)।

(iv) "মিতসারলিসের সমাকৃতি সূত্র" প্রয়োগ করিয়া এবং (v) পর্যায় সারণীতে (Periodic Table) মৌলটির অবস্থান দেখিয়া।

বিশেষ দ্রষ্টব্য ঃ—ঠিকভাবে পারমাণবিক ওজন নির্দ্ধারণ করিতে কেবল তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় পদ্ধতি এবং সমাকৃতি কেলাসের বিশ্লেষণ পদ্ধতিই ব্যবহৃত হইয়া থাকে, অন্য পদ্ধতিগুলি কেবল নির্দ্ধারিত পারমাণবিক ওজন ঠিক কিনা দেখিবার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(i) **তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের উপর ভিত্তি করিয়া পরীক্ষামূলকভাবে পারমাণবিক ওজন নির্দ্ধারণ ঃ—**নিম্নলিখিতভাবে পদ্ধতিটি প্রয়োগ করা হইয়া থাকে ঃ—

(i) প্রথমতঃ, অতি সাবধানে সঠিকভাবে মৌলটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়।

(ii) পরে হয় ডুলং ও পেটিটের সূত্র অথবা অন্য কোন উপরে লিখিত উপায়ে মৌলটির মোটামুটিভাবে (approximate) পারমাণবিক ওজন ঠিক করা হয়।

(iii) অতঃপর মোটামুটিভাবে নির্দ্ধারিত পারমাণবিক ওজনকে উহার সঠিকভাবে নির্ণীত তুল্যাঙ্কভার দিয়া ভাগ করিয়া মৌলিক পদার্থটির যোজ্যতা স্থির করা হয়। এখন মনে রাখা প্রয়োজন যে, মৌলের যোজ্যতা সকল সময়েই একটি পূর্ণসংখ্যা হয়; উহা কখনও ভগ্নাংশ হইতে পারে না। কিন্তু মৌলটির পারমাণবিক ওজন মোটামুটিভাবে নির্দ্ধারিত হওয়ায় এই ভাগফলে ভগ্নাংশ থাকিতে পারে। তাই, এই ভগ্নাংশযুক্ত সংখ্যার নিকটবর্তী পূর্ণ সংখ্যাকে মৌলটির যোজ্যতা ধরা হয়।

(iv) তখন সঠিকভাবে নির্ণীত মৌলটির তুল্যাঙ্কভারকে এই যোজ্যতা প্রকাশক সংখ্যা দ্বারা গুণ করিয়া উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন স্থির করা হয়। একটি উদাহরণ দ্বারা বিষয়টি বুঝাইয়া দেওয়া হইল ঃ—

0·5395 gram of a metallic element yields 0·7175 gram of its chloride. The specific heat of the element is 0·059. Calculate the exact atomic weight of the element.

ডুলং এবং পেটিটের-সূত্র (নিম্নে আলোচিত হইয়াছে) অনুসারে জানা যায় যে কঠিন ধাতব পদার্থের পারমাণবিক ওজন $\times$ ধাতব মৌলটির আপেক্ষিক তাপ $= 6·4$ (মোটামুটি ভাবে)।

অতএব, ধাতব মৌলটির মোটামুটি পারমাণবিক ওজন $= \frac{6·4}{0·059} = 108·47$। আবার, ধাতব মৌলটির 0·5395 গ্রাম (0·7175 − 0·5395) গ্রাম অথবা 0·1780 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া 0·7175 গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

অতএব, ধাতব মৌলটির তুল্যাঙ্কভার $= \frac{0.5395}{0.1780} \times 35.5 = 107.6$

অতএব, ধাতব মৌলটির যোজ্যতা $= \frac{108.47}{107.6} = 1.008$। যোজ্যতাকে পূর্ণসংখ্যায় রূপান্তরিত করিলে উহা হয় 1।

অতএব ধাতব মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $= 107.6 \times 1 = 107.6$।

(ii) অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের প্রয়োগ দ্বারা পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ঃ (ক্যানিজারো পদ্ধতি) ঃ—

এই পদ্ধতি দশম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" দ্বিতীয় ভাগে বিশদভাবে কয়েকটি উদাহরণ-সহ আলোচিত হইয়াছে (পৃঃ ১৮৫—১৮৮)।

(iii) ডুলং এবং পেটিটের সূত্র প্রয়োগ করিয়া পারমাণবিক ওজন নির্ণয় ঃ—

যে-কোন দ্রব্যের আপেক্ষিক তাপ (specific heat) বলিতে বুঝায় একটি সংখ্যা যাহা দ্বারা উহার 1 গ্রামের 1° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপ প্রয়োজন হয় তাহার সহিত জলের 1 গ্রামের 1° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপ লাগে তাহার অনুপাত প্রকাশ করে।

∴ আপেক্ষিক তাপ

$$= \frac{\text{1 গ্রাম পদার্থের } 1^\circ \text{ সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপ লাগে}}{\text{1 গ্রাম জলের } 1^\circ \text{ সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপ প্রয়োজন হয়}} ।$$

এখন 1 গ্রাম জলের 1° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপ প্রয়োজন হয় তাহাকে তাপের একক ধরা হয় এবং তাহাকে 1 ক্যালরি (calorie) বলে। অতএব, 1 গ্রাম পদার্থের 1° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপ (ক্যালোরিতে প্রকাশ করিলে) লাগে তাহা হইতেই সেই পদার্থের আপেক্ষিক তাপের পরিমাপ হইয়া থাকে। দুইটি তাপের অনুপাত বলিয়া ইহা একটি সংখ্যামাত্র, ইহার কোন একক নাই।

1819 খৃষ্টাব্দে ডুলং এবং পেটিট বিভিন্ন কঠিন মৌলিক পদার্থ লইয়া পরীক্ষা করিয়া প্রমাণ করেন: **"যে কোন কঠিন মৌলের পরমাণু তাপ (atomic heat) সকল সময়ে একই হয় এবং উহার পরিমাণ প্রায়শঃ 6.4 হয়।"**

ইহাই **ডুলং এবং পেটিটের সূত্র** (Dulong and Petit's Law) নামে অভিহিত হয়। এই **সূত্রটি** বেরিলিয়াম, বোরন, কার্বন, সিলিকন প্রভৃতি কয়েকটি

কম পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট মৌলের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হয় না। তাহাও আবার যখন উক্ত মৌলগুলির আপেক্ষিক তাপ 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার ভিতর স্থির করা হয়; কিন্তু উচ্চ উষ্ণতায় উক্ত মৌলগুলির আপেক্ষিক তাপ স্থিরীকৃত হইলে উহাদের পরমাণু-তাপ প্রায় 6·4-এর কাছাকাছিই হয়।

মৌলের পরমাণু-তাপ বলিতে উহার পারমাণবিক ওজন এবং উহার আপেক্ষিক তাপের গুণফলকে বুঝায়।

অতএব, পারমাণবিক ওজন × আপেক্ষিক তাপ = 6·4 (মোটামুটিভাবে)

অথবা, মৌলের পারমাণবিক ওজন = $\dfrac{6·4}{\text{মৌলের আপেক্ষিক তাপ}}$

এই উপায়ে নির্দ্ধারিত মৌলের পারমাণবিক ওজন সঠিক হইতে পারে না। তবে এইভাবে নির্ণীত মৌলের মোটামুটি (approximate) পারমাণবিক ওজন হইতে মৌলিক পদার্থটির যোজ্যতা নির্ণয় করা সম্ভব হয়। সুতরাং মৌলটির তুল্যাঙ্কভার জানা থাকিলে উহাকে যোজ্যতা দিয়া গুণ করিলেই উহার সঠিক পারমাণবিক ওজন স্থির করা যায়।

Example—0·1 gram of a metal, when acted upon by an acid, gives rise to 124·2 c.c. of dry hydrogen at N. T. P. The specific heat of the metal is 0·214. Calculate the equivalent weight and the exact atomic weight of the metallic element. (1 c.c. of hydrogen at N.T.P. weighs 0·00009 gram.)

প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 124·2 ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন 124·2 × 0·00009 গ্রাম

(যেহেতু প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন দেওয়া আছে 0·00009 গ্রাম)

= 0·011178 গ্রাম।

অতএব, সংজ্ঞানুসারে ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার = $\dfrac{0·1 \text{ গ্রাম}}{0·011178 \text{ গ্রাম}}$ = 8·95

ডুলং এবং পেটিটের সূত্রানুসারে,

ধাতুটির মোটামুটি পারমাণবিক ওজন = $\dfrac{6·4}{0·214}$ = 29·9

অতএব, ধাতুটির যোজ্যতা = $\dfrac{29·9}{8·95}$ = 3·34

যেহেতু যোজ্যতা ভগ্নাংশ হইতে পারে না, অতএব নিকটতম পূর্ণসংখ্যা 3 হইল ধাতুটির প্রকৃত যোজ্যতা।

অতএব, ধাতব মৌলটির সঠিক পারমাণবিক ওজন $= 8 \cdot 95 \times 3 = 26 \cdot 85$।

(iv) মিত্‌সারলিসের "সমাকৃতি-সূত্র" প্রয়োগ করিয়া পারমাণবিক ওজন নির্ণয় :—

কঠিন পদার্থগুলি প্রায়ই স্ফটিকাকৃতিবিশিষ্ট হয়। আবার অনেক সময় একাধিক পদার্থের স্ফটিকের আকৃতি দেখিতে হুবহু একই প্রকার হয়। এই সকল স্ফটিককে **"সমাকৃতি কেলাস"** (Isomorphous Crystals) বলা হইয়া থাকে। যথা, কেলাসিত ম্যাগনেসিয়াম সলফেট ($MgSO_4$, $7H_2O$), কেলাসিত জিঙ্ক সলফেট ($ZnSO_4$, $7H_2O$) এবং কেলাসিত ফেরাস সলফেট ($FeSO_4$, $7H_2O$) হুবহু একই আকারের হয় এবং ইহাদের কেলাসগুলিকে সমাকৃতি-বিশিষ্ট (Isomorphous) বলা হয়। উল্লিখিত দ্রব্যসকলের কেলাসগুলি আয়তনে ছোট বড় হইতে পারে, কিন্তু তাহাদের কোণের সংখ্যা ও অনুরূপ কোণের পরিমাপ এবং পৃষ্ঠতলের সংখ্যা একই হয়। অন্যান্য সমাকৃতি কেলাস-বিশিষ্ট যৌগিক পদার্থের উদাহরণ হইল (i) পটাসিয়াম সলফেট (K_2SO_4) এবং পটাসিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4) ; (ii) পটাসিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) এবং পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$) ; (iii) ফেরাস অ্যামোনিয়াম সলফেট [$(NH_4)_2SO_4$, $FeSO_4$, $6H_2O$] এবং নিকেল অ্যামোনিয়াম সলফেট [$(NH_4)_2SO_4$,$NiSO_4$, $6H_2O$] (iv) সাধারণ ফটকিরি বা পটাস অ্যালম [K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$] এবং ক্রোম অ্যালম [K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, $24H_2O$].

এখানে উল্লেখ করিতে হয় যে, কোন দুইটি পদার্থের কেলাসের কেবলমাত্র আকৃতি একপ্রকার হইলেই তাহারা সমাকৃতি কেলাস হইবে তাহা নহে। যেমন, লবণের কেলাস এবং ডায়মণ্ডের কেলাস একইপ্রকার আকৃতি-বিশিষ্ট (Cubic crystals) হইলেও উহাদিগকে সমাকৃতি-বিশিষ্ট বলিয়া গণ্য করা হয় না। দুইটি পদার্থের কেলাসের ভিতর সমাকৃতিত্ব ছাড়া আরও দুইটি লক্ষণ মিলাইয়া পাইলে তবে পদার্থ দুইটি সমাকৃতি বলিয়া গণ্য করা হয়। (i) পদার্থ দুইটির দ্রবণ একত্র মিশাইয়া মিশ্রিত দ্রবণকে কেলাসিত করিলে যে কেলাস পাওয়া যাইবে তাহাতে উভয় পদার্থের অণু বিদ্যমান দেখা যাইবে এবং কেলাসের আকৃতি যে কোন একটির আকৃতির অনুরূপ হইবে। (ii) যে কোন একটি পদার্থের সংপৃক্ত

দ্রবণ লইয়া তাহার ভিতর অপর পদার্থটির একটি ছোট কেলাস সূতায় বাঁধিয়া ঝুলাইয়া দিলে উক্ত ছোট কেলাসের উপর প্রথম পদার্থের আস্তরণ (deposit) পড়িবে এবং তাহার ফলে ছোট কেলাসটির আয়তন বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে। এইভাবে গঠিত কেলাসকে স্তর কেলাস বা "ওভার গ্রোথ (overgrowth) কেলাস" বলে।

অতএব যে সকল যৌগিক পদার্থ (i) একই আকৃতিসম্পন্ন কেলাস গঠন করে, (ii) যাহাদের মিশ্র দ্রবণ হইতে মিশ্র কেলাস পাওয়া যায় এবং (iii) যাহাদের একটি ছোট কেলাসের উপর অন্যটির স্তর কেলাস বা ওভার গ্রোথ কেলাস উৎপন্ন করা যায় তাহাদের সমাকৃতি (Isomorphous) যৌগিক বলে এবং সেইরূপ স্ফটিকগুলিকে সমাকৃতি স্ফটিক (Isomorphous crystals) বলা হয়। এইভাবে সমাকৃতিবিশিষ্ট স্ফটিক গঠনের ধর্মকে **সমাকৃতিত্ব** (Isomorphism) বলে।

দ্রষ্টব্য ঃ—এখানে বলা প্রয়োজন যে, বিভিন্ন পদার্থের সমাকৃতি-বিশিষ্ট স্ফটিকগুলির অনুরূপ কোণগুলি একেবারে সমান নয়। অনুরূপ কোণগুলি গোনিওমিটারের (Goniometer) সাহায্যে মাপিয়া দেখা গিয়াছে কোণগুলি মাপে সামান্য পৃথক হয়।

নানাপ্রকার যৌগিক পদার্থের সমাকৃতি কেলাস বিশ্লেষণ করিয়া 1820 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী মিতসারলিস নিম্নলিখিত সূত্রটি প্রকাশ করেন ঃ—

"সমান সংখ্যক পরমাণু সমভাবে সংযোজিত হইয়া সমাকৃতি কেলাস গঠন করে। এই সকল কেলাসের আকৃতি তাহাদের উপাদানগুলির রাসায়নিক ধর্মের উপর নির্ভর করে না, কেবলমাত্র উহাদের ভিতর অবস্থিত পরমাণুগুলির সংখ্যা এবং বিন্যাসের উপর নির্ভর করে।"

ইহাকেই মিত্‌সারলিসের **সমাকৃতি সূত্র** (Mitscherlich's Law of Isomorphism) বলে।

মিত্‌সারলিস্-এর সূত্র অনুসারে বুঝা যায় যে, দুইটি সমাকৃতি পদার্থের অণুতে যে মৌলিক পদার্থ দুইটি বিভিন্ন হইবে, তাহাদের পরমাণু সংখ্যা একই হয়। তাই সমাকৃতি পদার্থগুলির আণবিক সংকেত একই প্রকারে প্রকাশিত হয়। যেমন, পটাসিয়াম সলফেট ও পটাসিয়াম সেলেনেট সমাকৃতি স্ফটিক উৎপন্ন করে। পটাসিয়াম সলফেটের আণবিক সংকেত হইল K_2SO_4। অতএব, পটাসিয়াম সেলেনেটের আণবিক সংকেত K_2SeO_4 হইতেই হইবে, কারণ সমাকৃতিত্বের জন্য পটাসিয়াম সলফেট এবং পটাসিয়াম সেলেনেটের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা ও তাহাদের বিন্যাস এক হওয়া প্রয়োজন। আবার যখন পটাসিয়াম সলফেটের অণুতে সলফারের পরমাণু একটি

আছে, তখন সমাকৃতি পটাসিয়াম সেলেনেটের অণুতে সলফারের স্থলে অন্য যে মৌল সেলেনিয়াম আছে তাহারও একটি পরমাণুই থাকিতে হইবে।

এই নিয়মটির সাহায্যে মৌলের পারমাণবিক ওজন স্থির করা যাইতে পারে। নিম্নে উদাহরণদ্বারা উহা বুঝাইয়া দেওয়া হইল।

Examples : (1) A sulphate of a metal is found to contain 20·9 percent of the metal and it is found to be isomorphous with zinc sulphate $ZnSO_4, 7H_2O$. Calculate the atomic weight of the metal.

ধাতুটির পরমাণুর সংকেত M দ্বারা প্রকাশ করিলে উহার সলফেটের আণবিক সংকেত হইবে MSO_4, $7H_2O$, কারণ এই সলফেটটি $ZnSO_4$, $7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি।

এক্ষণে ধাতুটির পারমাণবিক ওজন x ধরিলে উহার সলফেটের আণবিক ওজন হয় $x+32+4\times16+7\times18=x+96+126=x+222$; অতএব ধাতুটির সলফেটে ধাতুর শতকরা পরিমাণ হইবে

$\frac{x\times100}{x+222}$ এবং প্রশ্নানুসারে, $\frac{x\times100}{x+222}=20{\cdot}9$

অতএব, $x=58{\cdot}65$; অতএব ধাতুটির পারমাণবিক ওজন হইল 58·65।

(2) Potassium perchlorate ($KClO_4$) is isomorphous with potassium permanganate. On analysis it is found that potassium chlorate contains 28·2 percent potassium, 25·6 percent chlorine and the rest oxygen ; potassium permanganate contains 24·7 per-cent. potassium, 34·8 percent manganese and the rest oxygen. From the above results calculate the atomic weight of manganese, (Atomic weight of chlorine=35·5).

মিতসারলিসের সমাকৃতি সূত্রানুসারে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের আণবিক সংকেত হইবে $KMnO_4$। এক্ষণে পটাসিয়াম পারক্লোরেটে এবং পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে একই পরিমাণ পটাসিয়ামের সহিত ক্লোরিণ এবং ম্যাঙ্গানিজের যে যে ওজন সংযুক্ত থাকিবে সেই ওজনের অনুপাত উহাদের পারমাণবিক ওজনের অনুপাতের সহিত সমান হইবে।

এখন বিশ্লেষণের ফল হইতে জানা যায় যে পটাসিয়াম পারক্লোরেট 25·6 ভাগ ওজনের ক্লোরিণের সহিত 28·2 ভাগ ওজনের পটাসিয়াম সংযুক্ত আছে। অতএব, 1 ভাগ ওজনের পটাসিয়ামের সহিত $\frac{25·6}{28·2}$ ভাগ ওজন ক্লোরিণ সংযুক্ত আছে, এবং 24·7 ভাগ ওজনের পটাসিয়ামের সহিত $\frac{25·6}{28·2} \times 24·7$ ভাগ অথবা 22·4 ভাগ ওজন ক্লোরিণ সংযুক্ত আছে।

অতএব $\frac{\text{ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক ওজন}}{\text{ক্লোরিণের পারমাণবিক ওজন}} = \frac{\text{সংযুক্ত ম্যাঙ্গানিজের ওজন}}{\text{24·7 ভাগ ওজনের পটাসিয়ামের সহিত উক্ত ওজনের পটাসিয়ামের সহিত সংযুক্ত ক্লোরিণের ওজন}}$

অথবা, $\frac{\text{ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক ওজন}}{35·5} = \frac{34·8}{22·4}$

অতএব, ম্যাঙ্গানিজের পারমাণবিক ওজন $= \frac{34·8 \times 35·5}{22·4}$

$= 55·15$

(ক) পর্যায়-সারণী (Periodic Table) হইতে পারমাণবিক ওজন নির্ণয় :—

পর্যায় সারণীতে যে-কোন মৌলের অবস্থান হইতে তাহার চারিদিকের চারিটি মৌলের পারমাণবিক ওজন যোগ করিয়া চার দিয়া ভাগ করিলে মৌলটির পারমাণবিক ওজন মোটামুটিভাবে পাওয়া যায়।

উদাহরণস্বরূপ সেলেনিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ধারণে পর্যায় সারণী দেখিয়া পাওয়া যায় উহার চারিদিকের চারিটি মৌল হইল আর্সেনিক (As, পারমাণবিক ওজন 74·9), ব্রোমিন (Br, পারমাণবিক ওজন 79·9), সালফার (S, পারমাণবিক ওজন 32·06) এবং টেলিউরিয়াম (Te, পারমাণবিক ওজন 127·6)।

অতএব, সেলেনিয়ামের পারমাণবিক ওজন মোটামুটিভাবে হইবে

$\frac{74·9+79·9+32·06+127·6}{4}$, অথবা, $\frac{314·46}{4}$, অথবা 78·61

সেলেনিয়ামের প্রকৃত পারমাণবিক ওজন হইল 79·2।

দ্রষ্টব্য : পর্যায়-সারণী বিষয়ে পরিশিষ্টে আলোচনা করা হইয়াছে।

Questions

1. What is meant by equivalent weight of a metal ? 0·212 gm. of magnesium were dissolved in hydrochloric acid and the volume of hydrogen collected over water at 16°C. and 750 mm. was 213·5 c.c. Calculate the equivalent weight of magnesium. (Aqueous tension at 16°C.=13·5 mm.). [Ans. 12·1]

১। কোনও ধাতুর তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝায় ? ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ০·২১২ গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রাবিত করিলে ১৬° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার পারদের চাপে ২১৩·৫ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (১৬° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ=১৩·৫ মিলিমিটার পারদের চাপ)। [উত্তর : ১২·১]

1. Describe an experiment with calculations involved for the determination of the equivalent weight of zinc. A sample of zinc weighing 0·2023 gm. was treated with excess of sulphuric acid, the hydrogen liberated being collected over water at 26·5°C. and pressure of 1 atmosphere. The gram-equivalent weight of zinc is 32·7 g. Calculate the theoretical volume of dry hydrogen obtainable at the given temperature and pressure. (1 atmosphere=760 mm. of mercury pressure, aqueous tension at 26·5°C.=25·75 mm. of mercury pressure) [Ans. 78·7c.c.]

২। জিঙ্কের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয়ের পদ্ধতি গণনাসহ বর্ণনা কর। জিঙ্ক ধাতুর একটি নমুনার ০·২০২৩ গ্রাম অধিক পরিমাণ সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা দ্রাবিত করিয়া যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় তাহা ২৬·৫° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং বায়ুচাপের সমান চাপে সংগ্রহ করা হইল। যদি জিঙ্কের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক ৩২·৭ গ্রাম হয় তবে উৎপন্ন শুষ্ক হাইড্রোজেনের আয়তন কত হইবে ? (বায়ু চাপ=৭৬০ মিলিমিটার পারদের চাপ, ২৬·৫° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ=২৫·৭৫ মিলিমিটার পারদের চাপ)।

[উত্তর : ৭৮·৭ ঘন সেন্টিমিটার]

3. 100 gms. of Mg. combine with 65·6 gms. of Oxygen. 8 gms. of Oxygen combine with 1 gm. of Hydrogen. Find the equivalent wt. of Mg. [Ans. 12·19]

৩। ১০০ গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম ৬৫·৬ গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া অক্সাইড উৎপন্ন করে। ৮ গ্রাম অক্সিজেন ১ গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপাদন করে। ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উত্তর : ১২·১৯]

4. It was found that 2·5 gms. of aluminium acted upon by a dilute solution of sodium hydroxide and heated evolved 3·39 litres of hydrogen at 20°C. and 745 mm. of Hg. collected over mercury. From these data calculate the gram-equivalent weight of aluminium. [Ans. 9·0 gms.]

৪। ২·৫ গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম ধাতুকে কষ্টিক সোডার পাতলা দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে ২০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৪৫ মিলিমিটার পারদের চাপে ৩·৩৯ লিটার হাইড্রোজেন পারদের উপর সংগ্রহ করা যায়। ইহা হইতে অ্যালুমিনিয়ামের গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উত্তর : ৯·০ গ্রাম]

5. 0·2 gm. of a metal on ignition in air gave 0·333 gm. of its oxide. Calculate the equivalent weight of the metal. [Ans. 12·03]

৫। কোনও ধাতুর ০·২ গ্রাম বায়ুতে পোড়াইলে উহার ০·৩৩৩ গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উত্তর : ১২·০৩]

6. A current of dry hydrogen was passed over 2·214 gms. of heated copper oxide and the metal obtained on reduction weighed 1·7685 gms. Calculate the equivalent weight of Copper. [Ans. 31·8]

৬। ২·২১৪ গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের উপর দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন গ্যাস চালনা করিলে ১·৭৬৮৫ গ্রাম ধাতব কপার উৎপন্ন হয়। কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উত্তর : ৩১·৮]

7. Explain what you understand by the combining weight of an element. Is it constant for a particular element ?

Iron forms two chlorides containing 34·4% and 44% of Iron. Can you deduce the equivalent weight of Iron ? [Ans. 18·62 ; 27·89]

৭। কোনও মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বোঝায় তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। কোনও একটি মৌলের পক্ষে ইহা কি নিত্য সংখ্যা ?

আয়রণের দুইটি ক্লোরাইড উৎপাদন করা যায় ; তাহার একটিতে শতকরা ৩৪·৪ ভাগ আয়রণ এবং অন্যটিতে শতকরা ৪৪ ভাগ আয়রণ থাকে। এই ফলদুইটি হইতে কি আয়রণের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায় ?

[উত্তর : ১৮·৬২ ; ২৭·৮৯]

8. On analysing a metallic chloride the following results were obtained; Chlorine—47·65%, metal 52·35%. Calculate the equivalent weight of the metal. [Ans. 38·99]

৮। কোনও ধাতুর ক্লোরাইডকে বিশ্লেষিত করিয়া নিম্নলিখিতরূপ ফল পাওয়া গেল : ক্লোরিণ—শতকরা ৪৭·৬৫ ভাগ, ধাতু—শতকরা ৫২·৩৫ ভাগ। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[উত্তর : ৩৮·৯৯]

9. 1·49 grams of potassium chloride gave 2·87 grams of silver chloride. Calculate the equivalent weight of potassium. (C. U. 1943) [Ans. 39]

৯। ১·৪৯ গ্রাম পটাসিয়াম ক্লোরাইড হইতে ২·৮৭ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্কভার এই ফল হইতে নির্ণয় কর। (ক. বি ১৯৪৩) [উত্তর : ৩৯]

10. The chloride of an element was converted quantitatively into the corresponding oxide, and the following results were obtained: 0·2670 gram of the chloride gave 0·1020 gram of the oxide. Calculate the equivalent of the element. [Ans. 9]

১০। কোনও মৌলের ক্লোরাইডকে সম্পূর্ণরূপে অক্সাইডে পরিবর্তিত করিয়া নিম্নলিখিতরূপ ফল পাওয়া গেল : ০·২৬৭০ গ্রাম ক্লোরাইড হইতে ০·১০২০ গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। মৌলটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উত্তর : ৯]

11. (a) What is meant by equivalent weight of an element ? How is it related to its atomic weight ?

(*b*) 2 0 gms. of lead were completely converted into its oxide which weighed 2·1544 gms. What is the equivalent weight of lead ? [Ans. 103·6]

(*c*) On heating 0·8567 gms. of copper oxide in a current of hydrogen, the resultant copper weighed 0·6842 gms. What is the equivalent weight of copper ? [Ans. 31·74]

(West Bengal Board of Higher Secondary Examination. 1960)

১১। (ক) কোনও মৌলের তুল্যাঙ্কভার বলিতে কি বুঝায় ? ইহার সহিত মৌলের পারমাণবিক ওজনের সম্পর্ক কি ?

(খ) ২·০ গ্রাম লেডকে সম্পূর্ণরূপে উহার অক্সাইডে পরিণত করিলে অক্সাইডের ওজন হয় ২·১৫৪৪ গ্রাম। লেডের তুল্যাঙ্কভার কত ? [উত্তর : ১০৩·৬]

(গ) ০·৮৫৬৭ গ্রাম কপার অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা বিজারিত করিলে ০·৬৮৪২ গ্রাম কপার পাওয়া যায়। কপারের তুল্যাঙ্কভার কত ? [উত্তর : ৩১·৭৪]

(পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ, ১৯৬০)

12. In an experiment 0·49 gram of a metal when dissolved in hydrochloric acid gave 295 c.c. of dry hydrogen at a temperature of 22°C and a pressure of 750 mm. of mercury. The specific heat of the metal was found to be 0 152. Calculate the chemical equivalent and the exact atomic weight of the element (C U. 1934) [Ans. 20·16 ; 40·32]

১২। একটি পরীক্ষায় দেখা গেল যে ০·৪৯ গ্রাম একটি ধাতুকে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা দ্রাবিত করিলে ২২° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫২ মিলিমিটার পারদের চাপে ২৯৫ ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ পরীক্ষায় দেখা গেল যে ০·১৫২। ধাতুটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক এবং সঠিক পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। (ক. বি. ১৯৩৪) [উত্তর : ২০·১৬ ; ৪০·৩২]

13. An oxide of a metal contains 30% oxygen. Its chloride contains 65·5% chlorine. 100 c.c. of vapour of the chloride at N.T.P. weighs 0·72 gm. The specific heat of the metal is 0·114. What are its equivalent wt., at. wt. and the formula of the chloride ? [Ans. 18·69 ; 56 01 ; MCl_3]

১৩। একটি ধাতুর অক্সাইডে শতকরা ৩০ ভাগ অক্সিজেন আছে। ইহার ক্লোরাইডে শতকরা ৬৫·৫ ভাগ ক্লোরিণ আছে। ক্লোরাইডের ১০০ ঘন সেন্টিমিটার বাষ্পের (প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে) ওজন ০·৭২ গ্রাম। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ হইল ০·১১৪। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার, পারমাণবিক ওজন এবং ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত নির্ণয় কর। [উত্তর : ১৮·৬৯ ; ৫৬·০১ ; MCl_3]

14. Define atomic weight of an element. Describe the methods for the determination of atomic weights of elements.

1·112 gms. of aluminium forms 2·109 gms. of its oxide. The sulphate of the metal forms a double salt with potassium sulphate which is isomorphus with chrome alum K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, $24H_2O$. The atomic weight of chromium is 52. What is the atomic weight of aluminium ?

[Ans. 26·76]

১৪। মৌলের পারমাণবিক ওজনের সংজ্ঞা লিখ। মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন নির্ণয়ের পদ্ধতিগুলি বর্ণনা কর।

১.১১২ গ্রাম অ্যালুমিনিয়াম হইতে ২.১০৯ গ্রাম উহার অক্সাইড পাওয়া যায়। ইহার সলফেট পটাসিয়াম সলফেটের সহিত যুগ্ম লবণ উৎপাদন করে এবং উক্ত যুগ্ম লবণের কেলাস ক্রোম অ্যালম K_2SO_4, $Cr_2(SO_4)_3$, $24H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি। ক্রোমিয়ামের পারমাণবিক ওজন ৫২.০ হইলে অ্যালুমিনিয়ামের পারমাণবিক ওজন কত? [উত্তর : ২৬.৭৬]

15. State Dulong and Petit's Law and state its importance in chemistry. The chloride of a metal was found to contain 47·22% of the metal. Its specific heat is 0·094. What is its exact atomic weight? [Ans. 63·52]

১৫। ডুলং এবং পেটিটের সূত্র উল্লেখ কর এবং রসায়নে ইহার উপযোগিতা বর্ণনা কর। একটি ধাতুর ক্লোরাইডে শতকরা ৪৭.২২ ভাগ ধাতু আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ হইল ০.০৯৪। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন কত? [উত্তর : ৬৩.৫২]

16. What is meant by the term "equivalent weight"? What relation does it bear to the atomic weight?

0·109 gm. of a metal was dissolved in dilute acid and the hydrogen liberated was exploded with 27·84 c.c. of dry oxygen at 27°C and 750 mm. The residual hydrogen at the same temperature and pressure measured also 27·84 c.c. Calculate the equivalent weight of the metal. (C.U. I.Sc. 1960) [Ans. 16·1)

১৬। মৌলের "তুল্যাঙ্কভার" বলিতে কি বুঝায়? তুল্যাঙ্কভারের সহিত পারমাণবিক ওজনের সম্পর্ক কিরূপ?

একটি ধাতুর ০.১০৯ গ্রাম পাতলা অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া যে পরিমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস উদ্ভূত হইল তাহার সহিত ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার পারদের চাপে ২৭.৮৪ ঘন সেন্টিমিটার অক্সিজেন মিশাইয়া বিস্ফোরণ সংঘটিত করা হইল। তাহার পর যে পরিমাণ হাইড্রোজেন অবশিষ্ট থাকিল তাহাকে ২৭ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার পারদের চাপে মাপিয়া দেখা গেল গেল যে উহার আয়তন ২৭.৮৪ ঘন সেন্টিমিটার। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

(ক. বি. ১৯৬০) [উত্তর : ১৬.১]

17. What is isomorphism? State Mitscherlich's law of isomorphism and discuss its applications.

The sulphate of a metal is found to contain 20·9% of the metal and is isomorphous with $MgSO_4$, $7H_2O$. Calculate the atomic weight of the metal.

[Ans. 58·7]

১৭। সমাকৃতিত্ব কি? মিতসারলিসের সমাকৃতি-সূত্র উল্লেখ কর এবং ইহার প্রয়োগ সম্বন্ধে আলোচনা কর।

একটি ধাতুর সলফেটে শতকরা ২০.৯ ভাগ ধাতু আছে এবং উহা $MgSO_4$. $7H_2O$-এর সহিত সমাকৃতি। ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর [উত্তর : ৫৮.৭

18. In an experiment it is found that 0·346 gm. of zinc displaces 0·336 gm copper from a solution of copper sulphate. If the equivalent weight of copper be 31·8, what is the equivalent weight of zinc ? If the valency of zinc be the same as that of copper in copper sulphate, what is the atomic weight of zinc ?

[Ans. 32·7 ; 65·4]

১৮। একটি পরীক্ষায় দেখা গেল যে ০·৩৪৬ গ্রাম জিঙ্ক কপার সলফেটের দ্রবণ হইতে ০·৩৩৬ গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে। যদি কপারের তুল্যাঙ্ক ৩১·৮ হয়, তবে জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক কত ? যদি জিঙ্কের যোজ্যতা কপার সলফেটে কপারের যোজ্যতার সমান হয় তাহা হইলে জিঙ্কের পারমাণবিক ওজন কত ?

[উত্তর ঃ ৩২·৭ ; ৬৫·৪]

19. The chloride of a metal M is found to contain 20·2 per cent of the metal. The specific heat of the metal is 0·224. What is the accurate atomic weight of the metal ? If the vapour density of the chloride be 4·632 (air=1), what is its molecular formula ? (Cl=35·5) [Ans. 26·958 ; MCl_3]

১৯। একটি ধাতুর (M) ক্লোরাইডে শতকরা ২০·২ ভাগ ধাতু আছে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ হইল ০·২২৪। ধাতুটির সঠিক পারমাণবিক ওজন কত ? যদি ধাতুটির ক্লোরাইডের বাষ্পীয় ঘনত্ব ৪·৬৩২ (বায়ু=১) হয়, তাহা হইলে উহার আণবিক সংকেত কি হইবে ? (Cl=৩৫·৫)।

[উত্তর ঃ ২৬·৯৫৮ ; MCl_3]

ত্রয়োত্রিংশ অধ্যায়

তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis)

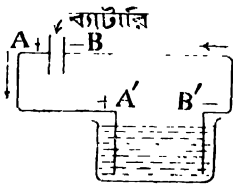
আমাদের সাধারণ অভিজ্ঞতা হইতে জানি সকল বস্তুর ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চলিতে পারে না। কপার, সিলভার, গোল্ড, আয়রণ প্রভৃতি ধাতব পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চলার বিষয় জানা আছে। অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ জাতীয় পদার্থের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া অনায়াসে তড়িৎ পরিবাহিত হয়। যে সমস্ত পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা যায় তাহাদিগকে **তড়িৎ-পরিবাহী (conductors)** বলা হয়। সাধারণ কাঠকয়লা, গন্ধক, কাঠ, চিনির জলীয় দ্রবণ প্রভৃতির ভিতর দিয়া কখনও তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা যায় না। যে সমস্ত পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করা যায় না তাহাদিগকে **অপরিবাহী (non-conductors)** বলা হইয়া থাকে।

যে সকল পদার্থ তড়িৎ-পরিবহনে সমর্থ তাহাদিগকে দুইটি পর্যায়ে ভাগ করা যায়ঃ—

(1) ধাতব পদার্থগুলি এবং গ্যাস-কার্বন ও সেলেনিয়াম (বিশেষতঃ যখন ইহা উজ্জ্বল আলোদ্বারা উদ্ভাসিত হয়) তড়িৎ-পরিবাহী, কিন্তু ইহাদের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে ইহাদের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না। কপারের তারের ভিতর দিয়াই সাধারণতঃ তড়িৎ চালনা করা হয়, কিন্তু তাহার ফলে কপারের কোন রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত হয় না।

(2) অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ জাতীয় পদার্থের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া অথবা বিগলিত অবস্থায় ক্ষার বা লবণ জাতীয় পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ-পরিচালনা কালে পদার্থগুলি বিয়োজিত হয় এবং তাহার ফলে নূতন পদার্থ উৎপন্ন হয়। কাজেই এই স্থলে পদার্থগুলির রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটিয়া থাকে। এই সকল পদার্থকে সাধারণভাবে **তড়িৎ-বিশ্লেষ্য (Electrolyte)** নামে অভিহিত করা হয়। লবণের স্ফটিকের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা সম্ভব নয়, কিন্তু বিগলিত অবস্থায় বা জলীয় দ্রবণে অবস্থিত লবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ পরিবাহিত হয় এবং তাহার ফলে লবণ বিয়োজিত হইয়া প্রথম ক্ষেত্রে ক্লোরিণ ও ধাতব

সোডিয়াম এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ক্লোরিণ ও কষ্টিক সোডা এবং হাইড্রোজেন দিয়া থাকে।

তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিয়া পদার্থের বিয়োজনকে **তড়িৎ-বিশ্লেষণ** (Electrolysis) বলে। অধিকাংশ স্থলেই অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রয়োজনমত করা হয়। সকল স্থলেই দ্রবণকে একটি পাত্রে রাখিয়া উহার দুই প্রান্তে দুইটি ধাতুনির্মিত পাত আংশিকভাবে দ্রবণে ডুবাইয়া রাখা হয়। এই পাতদুইটিতে কপারের তার লাগাইয়া তারদুইটিকে একটি ব্যাটারীর ধনাত্মক বা পজিটিভ (positive) এবং ঋণাত্মক বা নেগেটিভ (negative) মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। এই ব্যাটারী-সংযোগ স্থাপিত হওয়া মাত্র দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত হইয়া থাকে। এই দুইটি ধাতুর পাতকে **তড়িৎ-দ্বার** (Electrodes) বলে। যে পাতটিকে ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয় তাহাকে **অ্যানোড** (anode) এবং অপর পাতটি যাহা ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত তাহাকে **ক্যাথোড** (cathode) বলে। বিদ্যুৎ দ্রবণের ভিতর অ্যানোডদ্বারে প্রবেশ করিয়া ক্যাথোডদ্বার দিয়া বাহির হয় (চিত্র নং ৫)। তড়িৎপ্রবাহ দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত হওয়া মাত্রই দ্রবণের ভিতর অবস্থিত পদার্থটির তড়িৎদ্বারে বিয়োজন (decomposition) আরম্ভ হয়। এই বিয়োজন ক্রিয়া কেবলমাত্র তড়িৎদ্বারের নিকটেই সংঘটিত হয়, সম্পূর্ণ দ্রবণের ভিতর হয় না।

চিত্র নং—৫

তড়িৎদ্বার হিসাবে যে-কোন ধাতুর পাত ব্যবহার করা যায়। সাধারণতঃ প্লাটিনাম ও কপারের পাতই তড়িৎদ্বার হিসাবে ব্যবহৃত হয়, কিন্তু প্রয়োজনমত নিকেল, আয়রণ, গ্র্যাফাইট অথবা গ্যাস-কার্বন প্রভৃতি বিদ্যুৎ-পরিবাহী বস্তুরও প্রচলন দেখা যায়।

তড়িৎ-বিয়োজন (Electrolytic Dissociation)

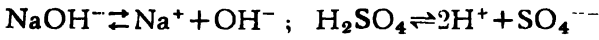
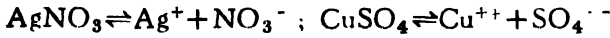
পরীক্ষাদ্বারা জানা যায় যে সামান্য অ্যাসিড বা ক্ষারযুক্ত জলের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস মুক্ত হয়। আবার কপার সলফেটের দ্রবণের মধ্য দিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে ক্যাথোডে কপার ধাতু এবং অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস মুক্ত হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ঘন দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালাইলে

ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোডে ক্লোরিণ গ্যাস মুক্ত হয়। এইভাবে বিভিন্ন বস্তুর জলীয় দ্রবণকে তড়িৎবিশিষ্ট করিলে দেখা যায় যে ধাতু এবং হাইড্রোজেন ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত তড়িৎদ্বার অর্থাৎ ক্যাথোডে মুক্ত হয় এবং অধাতব মৌল বা যৌগমূলক উক্ত ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎদ্বারে অথবা অ্যানোডে মুক্ত হয়। ইহা হইতে সিদ্ধান্ত করা যায় যে তড়িৎ-পরিবাহী পদার্থের জলীয় দ্রবণে পদার্থগুলি বিয়োজন সহকারে ধনাত্মক তড়িৎ-আধান বা তড়িৎশক্তি সংযুক্ত ধাতব অংশে এবং ঋণাত্মক তড়িৎ-আধান বা তড়িৎ শক্তিযুক্ত অধাতব অংশে বিভক্ত বা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। এই প্রকার বিয়োজন-দ্বারা উৎপন্ন তড়িৎ-আধান যুক্ত পদার্থের অংশগুলিকে **আয়ন** (ion) বলে। আয়ন কথাটির মর্ম হইল তড়িৎ-পরিবাহক। সুতরাং তড়িৎশক্তি-সংযুক্ত পরমাণু বা যৌগমূলক হইল আয়ন। যে-কোনও তড়িৎবিশ্লেষ্য যৌগ পদার্থকে জলে দ্রবীভূত করিলে এবং উত্তাপ প্রয়োগে গলাইলে উহার আয়নে বিশ্লিষ্ট হওয়াকে **আয়নীভবন** (Ionisation) বলা হয়। আয়নীভূত পদার্থের ধনাত্মক তড়িৎশক্তি-সংযুক্ত অংশকে **ধনাত্মক-আয়ন** বা **ক্যাটায়ন** (Cation) বলে এবং ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি-সংযুক্ত অংশকে ঋণাত্মক আয়ন বা **অ্যানায়ন** (Anion) বলে। ক্যাটায়ন ক্যাথোডে মুক্ত হয় এবং অ্যানায়ন অ্যানোডে মুক্ত হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় কপার সলফেটকে জলে দ্রবীভূত করিলে ইহার অধিকাংশ অণুই দুই প্রকারের আয়নে ভাঙ্গিয়া যায়। প্রত্যেক কপার সলফেটের অণু হইতে একটি ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত কপার আয়ন (Cu^{++}) এবং একটি ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত সলফেট আয়ন (SO_4^{--}) উৎপন্ন হয়। কিন্তু উভয়বিধ আয়নই সমপরিমাণে উৎপন্ন হওয়ায় দ্রবণকে কোন প্রকার তড়িৎশক্তিযুক্ত (carrying no electric charge) দেখা যায় না। আরও বলিতে হয় যে সকল দ্রব্যের আয়নীভূত হইবার ক্ষমতা সমান নয়। হাইড্রোক্লোরিক, নাইট্রিক বা সলফিউকরিক অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণ-জাতীয় পদার্থ জলে দ্রবীভূত করিলে তাহাদের অধিকাংশ অণুই আয়নে ভাঙ্গিয়া যায়। আবার জৈব অ্যাসিড, যথা, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, ল্যাক্‌টিক-অ্যাসিড বা টারটারিক অ্যাসিড প্রভৃতি জলের দ্রবণে আংশিকভাবে আয়নে ভাঙ্গিয়া থাকে এবং দ্রবণে জলের ভাগ বেশী করিয়া দ্রবণকে যত পাতলা করা হয় আয়নের সংখ্যাও তত বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়। প্রথম প্রকারের পদার্থগুলিকে তীব্রভাবে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ (strong electrolyte) বলে এবং দ্বিতীয় প্রকারের পদার্থগুলিকে ক্ষীণ তড়িৎবিশ্লেষ্য (weak electrolyte) বলে।

বিভিন্ন পদার্থের জলীয় দ্রবণ হইতে উৎপন্ন আয়ন নিম্নে দেখান হইল :—

$AgNO_3 \rightleftharpoons Ag^+ + NO_3^-$; $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--}$

$NaOH^- \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; $H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$

$CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$; $FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{+++} + 3Cl^-$

আরহেনিয়াসের তড়িৎ-বিয়োজনবাদ অথবা আয়নবাদ (Arrhenius' theory of Electrol tic Dissociation or Ionic Theory) :

বিভিন্ন পদার্থের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফল ব্যাখ্যা করিবার জন্য 1887 খৃষ্টাব্দে বিজ্ঞানী আরহেনিয়াস তাঁহার বিখ্যাত তড়িৎ-বিয়োজনবাদ প্রবর্তন করেন। এই বাদ অনুযায়ী : (ক) তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থগুলি (যথা, অ্যাসিড, ক্ষার এবং লবণ) জলে বা অন্য কোন আয়নীকরণ (ionising) মাধ্যমে দ্রবীভূত করিবামাত্রই উহারা অস্থায়ী এবং স্বতঃভঙ্গুর হইয়া পড়ে এবং পদার্থগুলির অল্প বা অধিকাংশ অণু বিভক্ত বা বিশ্লিষ্ট হইয়া বিপরীতধর্মী তড়িৎশক্তি-বিশ্লিষ্ট দুই বা ততোধিক আয়নে পরিণত হয়। যেমন, সোডিয়াম ক্লোরাইড (লবণ) জলে দ্রবীভূত করিলে ইহার একটি অণু হইতে একটি ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত সোডিয়াম আয়ন এবং একটি ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত ক্লোরিণ আয়ন উৎপন্ন হয়। আবার ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড (অন্য একটি লবণ) অনুরূপভাবে জলের দ্রবণে একটি ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত ক্যালসিয়াম আয়ন এবং ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত দুইটি ক্লোরিণ আয়ন উৎপন্ন করে।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^- ; \quad CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$$।

(খ) তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ বিশ্লিষ্ট হইয়া সমান সংখ্যক ধনাত্মক তড়িৎশক্তি-যুক্ত আয়ন এবং ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়ন উৎপন্ন নাও করিতে পারে, কিন্তু ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়নের মোট ধনাত্মক তড়িৎশক্তি ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়নের মোট ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি সমান হয়। দুই বিপরীতধর্মী তড়িৎশক্তি সমপরিমাণে থাকার জন্য দ্রবণ **তড়িৎ-নিরপেক্ষ** (electrically neutral) হয়। উপরের সোডিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের উদাহরণ হইতেই আমরা দেখিতে পাই যে সোডিয়াম ক্লোরাইডের আয়নরূপে বিয়োজনে সমান সংখ্যক সোডিয়াম ক্যাটায়ন এবং ক্লোরিণ অ্যানায়ন উৎপন্ন হয়। কিন্তু ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের আয়নরূপে বিয়োজনে একটি ক্যালসিয়াম ক্যাটায়ন এবং দুইটি ক্লোরিণ অ্যানায়ন উৎপন্ন হয়। কিন্তু প্রত্যেক ক্ষেত্রেই ক্যাটায়নের সমগ্র ধনাত্মক তড়িৎশক্তি = অ্যানায়নের সমগ্র ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি।

আবার সলফিউরিক অ্যাসিড জলে দ্রবীভূত হইলে দুইটি H^+ আয়ন এবং একটি SO_4^{--} আয়ন দেয়; এখানে ক্যাটায়ন এবং অ্যানায়নের সংখ্যা বিভিন্ন হইলেও ধনাত্মক ও ঋণাত্মক তড়িৎশক্তির সংখ্যা সমান। (গ) একই মৌলের আয়নের এবং পরমাণুর রাসায়নিক ধর্ম বিভিন্ন হয়। পটাসিয়ামের পরমাণু (K) জলের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে এবং দ্রবণে কষ্টিক পটাশ দেয়: $2K+2H_2O=2KOH+H_2$; কিন্তু K^+ আয়ন জলের ভিতর পটাসিয়ামের লবণের জলীয় দ্রবণে থাকে, কিন্তু জলের সহিত কোন বিক্রিয়ায় যোগদান করে না। (ঘ) কোন তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন আয়ন এবং পদার্থটির অবশিষ্ট অণু (যাহা তড়িৎ-বিয়োজিত হয় নাই) সমতা রক্ষা করে। ইহা বিপরীতমুখী তীরচিহ্ন দিয়া দেখান হয়। ইহার কারণ হইল যে সব ক্ষেত্রেই তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের সকল অণুই একেবারে বিশ্লিষ্ট হয় না। আবার এমনও ঘটিয়া থাকে যে দ্রবণের ভিতর বিপরীতধর্মী তড়িৎ-বিশিষ্ট দুইটি আয়ন পরস্পর আকৃষ্ট হইয়া একত্রিত হয় এবং তাহাদের তড়িৎ-শক্তি প্রশমিত হইয়া যায়; তাহাদের মূল অণু পুনর্গঠিত হয়। অতএব, একদিকে যেমন তড়িৎ-নিরপেক্ষ অণু তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়, অপর দিকে তেমনি বিশ্লিষ্ট আয়ন পুনর্মিলিত হইয়া তড়িৎ-উদাসীন অণু গঠন করে। তাই এই বিয়োজনকে তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolytic dissociation) বলে। [দ্রষ্টব্য: ইহা একেবার পরিপূর্ণ বিশ্লেষণ (decomposition) নহে। অবস্থার পরিবর্তন ঘটাইলে অর্থাৎ জলীয় দ্রবণ হইতে জল বাষ্পাকারে উড়াইয়া দিলে বিশ্লিষ্ট আয়ন সংযুক্ত হইয়া যায় এবং পদার্থটি ফিরিয়া পাওয়া যায়।] (ঙ) তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের জলীয় দ্রবণে দ্রাবক জলের ভাগ বৃদ্ধি করিলে অর্থাৎ দ্রবণকে খুব পাতলা করিলে বিশ্লিষ্ট অণুর ভাগ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, এমন কি খুব বেশী পাতলা দ্রবণে পদার্থের সমস্ত অণুই 'আয়নে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে। (চ) দ্রবণের ভিতর এই আয়নগুলিই তড়িৎ পরিবহন করে, অবশিষ্ট অণু দ্রবণে তড়িৎ-পরিবহনে সাহায্য করে না। (ছ) তড়িৎ অ্যানোড দিয়া তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে প্রবেশ করে এবং অ্যানোড হইতে ক্যাথোডের দিকে দ্রবণের ভিতর দিয়া আয়নের সাহায্যে প্রবাহিত হয়। তড়িৎ-প্রবাহ চালিত হওয়ার ফলে স্বাভাবিক আকর্ষণেই ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি-বিশিষ্ট আয়ন বিপরীতধর্মী ধনাত্মক তড়িৎদ্বারের (anode) দিকে এবং ধনাত্মক তড়িৎ-শক্তি-বিশিষ্ট আয়ন ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের (cathode) দিকে সরিয়া যায়। পরে

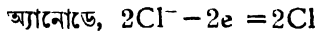
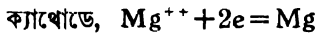
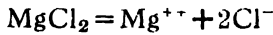
আয়নগুলি তড়িৎদ্বারের সংস্পর্শে আসায় তাহাদের তড়িৎশক্তি প্রশমিত হয় এবং তাহারা সাধারণ তড়িৎ-উদাসীন মৌলের পরমাণুতে অথবা যৌগমূলকে পরিণত হয়। সুতরাং তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থ কেবল তড়িৎদ্বারে পাওয়া যায়। দ্রবণের ভিতর হইতে তাহা বাহির হইতে পারে না।

ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে গলিত অবস্থায় কোল-গ্যাস দ্বারা বায়ু অপসারণ করিয়া একটি আবদ্ধ পাত্রে তড়িৎ-বিশ্লেষিত করিলে দুই একক ধনাত্মক তড়িৎ-বিশিষ্ট একটি ম্যাগনেসিয়াম আয়ন ক্যাথোডে যাইয়া তড়িৎ শক্তি প্রশমিত হওয়ার ফলে একটি ম্যাগনেসিয়ামের পরমাণুতে পরিণত হয়। আবার এক একক ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি-বিশিষ্ট দুইটি ক্লোরিণ আয়ন অ্যানোডে যাইয়া তড়িৎশক্তি প্রশমিত হওয়ার ফলে দুইটি ক্লোরিণ পরমাণুতে পরিণত হয়। তখন ক্লোরিণের দুইটি পরমাণু মিলিত হইয়া একটি ক্লোরিণ অণু গঠন করে। তাই বলা হয় যে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎবিশ্লিষ্ট হইয়া ম্যাগনেসিয়াম ও ক্লোরিণ দেয়। যদি ঋণাত্মক তড়িৎশক্তির একককে e ধরা হয় তবে উপরের তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফল নিম্নলিখিত ভাবে দেখান যায়ঃ

$$MgCl_2 = Mg^{++} + 2Cl^-$$

ক্যাথোডে, $Mg^{++} + 2e = Mg$

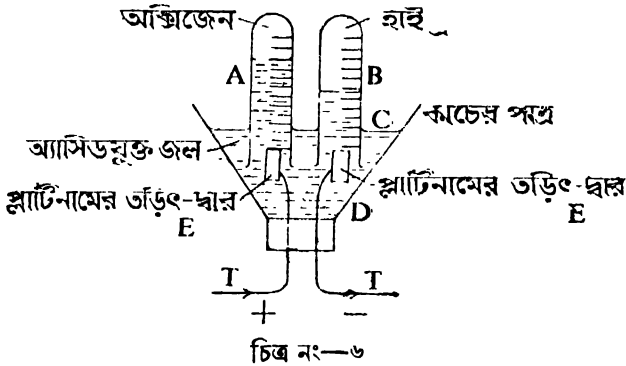
অ্যানোডে, $2Cl^- - 2e = 2Cl$

$$Cl + Cl = Cl_2$$

আয়নের তড়িৎশক্তি (Electric Charge):—কোন্ মৌলের পরমাণু অথবা কোন্ যৌগমূলক বস্তু কি পরিমাণ তড়িৎশক্তি বহন করিবে তাহা নির্ভর করে সেই মৌলিক পদার্থের অথবা যৌগমূলকের যোজ্যতার উপর। প্রতিটি যোজ্যতার জন্য মৌলের আয়ন বা যৌগমূলকের আয়ন এক একক তড়িৎশক্তি বহন করিতে সমর্থ। মৌলিক পদার্থের আয়ন অথবা যৌগমূলকের আয়নের গায়ে উপরের দিকে তড়িৎশক্তির মাত্রা বুঝাইতে '+' অথবা '−' চিহ্ন যোগ করা হয় এবং যতগুলি '+' চিহ্ন অথবা '−' চিহ্ন লাগানো থাকে আয়নের তড়িৎশক্তি তত একক বুঝিতে হয়। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অথবা সলফিউরিক অ্যাসিডের পাতলা জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন থাকে; হাইড্রোজেনের যোজ্যতা এক, তাই হাইড্রোজেন আয়ন H^+ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সেইরূপ ক্লোরিণের যোজ্যতা এক এবং ক্লোরিণ আয়ন হইল Cl^-। সলফেট যৌগমূলকের যোজ্যতা

দুই, তাই সলফেট আয়ন হইল SO_4^{--}। অ্যালুমিনিয়ামের যোজ্যতা তিন, তাই অ্যালুমিনিয়ামের আয়ন হইল Al^{+++}।

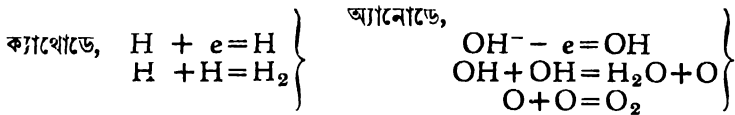
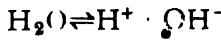
তড়িৎ-বিশ্লেষণের কয়েকটি উদাহরণ ঃ

(ক) জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ ঃ—বিশুদ্ধ জল তড়িৎ-পরিবহনে অসমর্থ এবং সেই কারণে ইহাকে তড়িতের অ-পরিবাহী (non-conductor) পর্যায়ে ফেলা হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ জলে কয়েক ফোঁটা মাত্র সলফিউরিক অ্যাসিড অথবা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিলে জল তড়িৎ পরিবহনে ভালভাবে সমর্থ হয়। জল সামান্য পরিমাণে তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হইয়া H^+ আয়ন এবং OH^- (হাইড্রক্সিল) আয়নে পরিণত হয়; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$। যে সামান্য সলফিউরিক অ্যাসিড বা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করা হয় তাহা সম্পূর্ণরূপে

চিত্র নং—৬

নিম্নলিখিত প্রকারে আয়নে পরিণত হয়:—$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{--}$ এবং $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$। এই প্রকারে উৎপন্ন H^+ আয়ন এবং সলফেট বা ক্লোরাইড আয়ন তড়িৎ পরিবহনে সাহায্য করে। প্লাটিনামের তড়িৎদ্বার ব্যবহার করিয়া যদি অ্যাসিড-সংযুক্ত জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত করা হয় তখন H^+ আয়ন ক্যাথোডের দিকে যায় এবং OH^- আয়ন, এবং SO_4^{--} আয়ন (অথবা Cl^- আয়ন) অ্যানোডের দিকে যায়। ক্যাথোডে পৌছানোর পর H^+ আয়নের তড়িৎ-শক্তি প্রশমিত হওয়ায় হাইড্রোজেনের পরমাণু উৎপন্ন হয়। দুইটি উৎপন্ন হাইড্রোজেন পরমাণু মিলিত হইয়া হাইড্রোজেনের একটি অণু গঠিত করে এবং উহা হাইড্রোজেন গ্যাস হিসাবে ক্যাথোড হইতে উত্থিত হয়। অ্যানোডে প্রথমে OH^- আয়ন পৌছায়; কারণ উহার মোক্ষণ-বিভব (discharge potential) সলফেট

বা ক্লোরাইড আয়ন অপেক্ষা কম; ক্যাথোডে পৌঁছানোর পর OH^- আয়নের তড়িৎশক্তি প্রশমিত হয় এবং OH যৌগমূলক অ্যানোডে উৎপন্ন হয়। কিন্তু OH যৌগমূলক দুঃস্থিত; তাই উহা জলে এবং অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়। প্রথমে অক্সিজেনের পরমাণু উৎপন্ন হয় এবং দুইটি অক্সিজেনের পরমাণু মিলিত হইয়া অক্সিজেনের অণু গঠন করে। তাই অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস উদ্ভূত হয়।

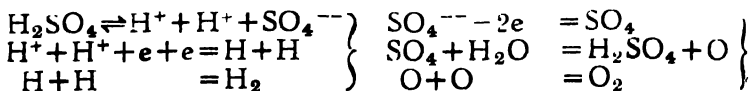
$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে, $\left.\begin{array}{l} H + e = H \\ H + H = H_2 \end{array}\right\}$ অ্যানোডে, $\left.\begin{array}{l} OH^- - e = OH \\ OH + OH = H_2O + O \\ O + O = O_2 \end{array}\right\}$

(খ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ:—গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের ঘন জলীয় দ্রবণ। ইহাতে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন H^+ আয়ন এবং Cl^- আয়ন বর্তমান থাকে: $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$ দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোডে ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয়।

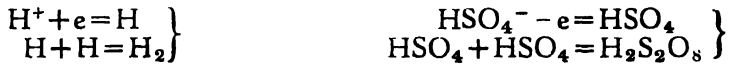
ক্যাথোডে, $\left.\begin{array}{l} H^+ + e = H \\ H + H = H_2 \end{array}\right\}$ অ্যানোডে, $\left.\begin{array}{l} Cl^- - e = Cl \\ Cl + Cl = Cl_2 \end{array}\right\}$

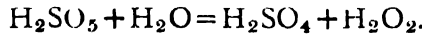
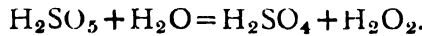
(গ) সলফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ:—ইহা দুই রকম ভাবে নিষ্পন্ন হইতে দেখা যায়। (1) সলফিউরিক অ্যাসিডের পাতলা জলীয় দ্রবণে H^+ আয়ন এবং সলফেট (SO_4^{--}) আয়ন সলফিউরিক অ্যাসিডের তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন হয়। দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন আয়ন মোক্ষিত হইয়া তড়িৎশক্তি প্রশমনের ফলে হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিবর্তিত হয়। অ্যানোডে প্রথমে সলফেট আয়ন মোক্ষিত হয়, কিন্তু উৎপন্ন সলফেট যৌগমূলক জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে এবং অক্সিজেনের পরমাণু প্রথমে বাহির হয়। পরে উহার দুইটি পরমাণু মিলিত হইয়া অক্সিজেনের অণু গঠন করে এবং অ্যানোড হইতে অক্সিজেন গ্যাস বাহির হয়।

ক্যাথোডে, অ্যানোডে,

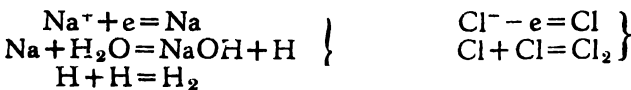
$$\left.\begin{array}{ll} H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + H^+ + SO_4^{--} & \\ H^+ + H^+ + e + e = H + H & \\ H + H & = H_2 \end{array}\right\} \quad \left.\begin{array}{ll} SO_4^{--} - 2e & = SO_4 \\ SO_4 + H_2O & = H_2SO_4 + O \\ O + O & = O_2 \end{array}\right\}$$

(2) সলফিউরিক অ্যাসিডের ঘন জলীয় দ্রবণে (50%) তড়িৎ বিয়োজনের ফলস্বরূপ H^+ আয়ন এবং বাইসলফেট (HSO_4^-) আয়ন উৎপন্ন হয়। দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ অ্যানোডে উচ্চ মাত্রায় (high current densities at the anode) প্রবাহিত করিলে এবং সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণকে হিমমিশ্রের সাহায্যে ঠাণ্ডা করিলে বিভক্ত কোষ (diaphragm cell) ব্যবহার করিলে অ্যানোডে পার-ডাই-সলফিউরিক অ্যাসিড (perdisulphuric acid, $H_2S_2O_8$) উৎপন্ন হয়। ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

ক্যাথোডে, অ্যানোডে,

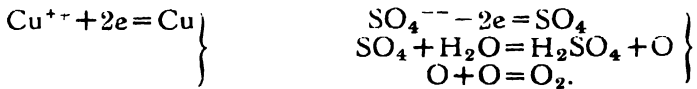
$$\left.\begin{array}{c} H^+ + e = H \\ H + H = H_2 \end{array}\right\} \qquad \left.\begin{array}{c} HSO_4^- - e = HSO_4 \\ HSO_4 + HSO_4 = H_2S_2O_8 \end{array}\right\}$$

দ্রষ্টব্য: এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া উৎপাদিত পার-ডাই-সলফিউরিক অ্যাসিড হইতে পাতনক্রিয়া দ্বারা হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের বর্তমান পণ্য উৎপাদন সংসাধিত করা হয়: $H_2S_2O_8 + H_2O = H_2SO_4 + H_2SO_5$

$$H_2SO_5 + H_2O = H_2SO_4 + H_2O_2.$$

(ঘ) সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ:— সোডিয়াম ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) দিয়া থাকে: $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$। দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে প্রথমে ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়ন যাইয়া তাহার তড়িৎশক্তি প্রশমিত হওয়ার ফলে সোডিয়ামের পরমাণুরূপে মোক্ষিত হয়। কিন্তু সোডিয়ামের পরমাণুর প্রকৃতি অনুসারে উহা তৎক্ষণাৎ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেনের পরমাণু এবং ক্যাথোডের নিকটবর্তী দ্রবণে কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে: $Na + H_2O = NaOH + H$। পরে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু মিলিত হইয়া ক্যাথোড হইতে হাইড্রোজেন গ্যাসের অণুরূপে নির্গত হয়। অ্যানোডে ক্লোরিণ আয়ন যাইয়া তাহার তড়িৎশক্তি প্রশমিত হওয়ায় ক্লোরিণের পরমাণু গঠন করে। পরে দুইটি ক্লোরিণ পরমাণু মিলিত হইয়া ক্লোরিণ গ্যাসের অণুরূপে অ্যানোড হইতে নির্গত হয়।

ক্যাথোডে, অ্যানোডে,

$$\left.\begin{array}{c} Na^+ + e = Na \\ Na + H_2O = NaOH + H \\ H + H = H_2 \end{array}\right\} \qquad \left.\begin{array}{c} Cl^- - e = Cl \\ Cl + Cl = Cl_2 \end{array}\right\}$$

(ঙ) কপার সলফেটের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ :—ইহা তড়িৎ-দ্বার হিসাবে ব্যবহৃত ধাতুর উপর নির্ভরশীল। (i) যখন দুইটি তড়িৎদ্বারই প্লাটিনামের তৈয়ারী হয় তখন কপার সলফেটের তড়িৎ-বিয়োজন হইতে উৎপন্ন কপার আয়ন ক্যাথোডে যায় এবং সেখানে উহার তড়িৎশক্তি প্রশমিত হওয়ায় কপারের পরমাণু উৎপন্ন করে ও প্লাটিনামের পাতের উপর কপার ধাতুর আস্তরণ পড়ে। আবার কপার সলফেটের তড়িৎ-বিয়োজন হইতে উৎপন্ন সলফেট আয়ন অ্যানোডে যায় এবং সেখানে উহার তড়িৎশক্তি প্রশমিত হওয়ায় প্লাটিনামের অ্যানোডে সলফেট যৌগমূলক হিসাবে মোক্ষিত হয়। কিন্তু সলফেট যৌগমূলক উৎপন্ন হওয়ামাত্র জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে এবং অক্সিজেনের পরমাণু বাহির হয়। দুইটি অক্সিজেনের পরমাণু মিলিত হইয়া অক্সিজেনের অণু গঠন করে এবং অক্সিজেন গ্যাস অ্যানোড হইতে বাহির হয়। $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--}$

ক্যাথোডে, অ্যানোডে

$$Cu^{++} + 2e = Cu \qquad \left\{\begin{array}{c} SO_4^{--} - 2e = SO_4 \\ SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O \\ O + O = O_2. \end{array}\right.$$

(ii) যখন দুইটি তড়িতদ্বারই কপার-নির্মিত হয় তখন ক্যাথোডে পূর্বের মত কপার ধাতুর আস্তরণ পড়ে। কিন্তু অ্যানোডে সলফেট যৌগমূলক মোক্ষিত হইয়া কপারের নির্মিত অ্যানোডকে কপার সলফেটে পরিবর্তিত করে এবং উৎপন্ন কপার সলফেট জলে দ্রাবিত হইয়া যায়। তাই অ্যানোড হইতে কোন গ্যাস বাহির হয় না, এবং কপারের অ্যানোড ক্ষয়প্রাপ্ত হয়।

ক্যাথোডে, অ্যানোডে

$$Cu^{++} + 2e = Cu \qquad \left\{\begin{array}{l} SO_4^{--} - 2e = SO_4 \\ Cu + SO_4 = CuSO_4 \end{array}\right.$$

উপরের উদাহরণগুলি হইতে জানা যায় যে তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফল বিশ্লেষিত পদার্থের অবস্থা (জলীয় দ্রবণ অথবা গলিত অবস্থা), দ্রবণের গাঢ়তা, তড়িতদ্বারের উৎপাদন, তড়িৎপ্রবাহের মাত্রা এই সকলের উপর নির্ভর করে।

তড়িতের এবং তড়িৎপ্রবাহের একক :—

(1) **কুলম্ব (Coulomb) :**—যে পরিমাণ তড়িৎ চালিত করিলে 0·001118 গ্রাম সিলভার অথবা 0·0000104 গ্রাম হাইড্রোজেন যথাযথ দ্রবণ হইতে মুক্ত

ক' তাহাকে **কুলম্ব** বলে। এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ কোন **বর্তনীর** (circuit) মধ্য দিয়া এক সেকেণ্ড ধরিয়া প্রবাহিত করিলে মোট তড়িতের পরিমাণ এক কুলম্ব হয়। অ্যাম্পিয়ার হইল তড়িৎপ্রবাহের একক।

অতএব কুলম্ব বলিতে বুঝায় অ্যাম্পিয়ার × সেকেণ্ড। যদি "C" অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহ "t" সেকেণ্ড ধরিয়া চলিয়া "Q" পরিমাণ তড়িৎ ব্যবহৃত হয়, তাহা হইলে, $Q = C \times t$ হইবে।

(2) **ফ্যারাডে (Faraday) :**—কুলম্ব অতি ছোট একক বিধায় একটি বড় এককের প্রবর্তন করা হইয়াছে। 96540 কুলম্ব তড়িৎপ্রবাহকে এক ফ্যারাডে বলে। এক ফ্যারাডে তড়িৎপ্রবাহ সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে 96540 × 0·001118 গ্রাম বা প্রায় 107·87 গ্রাম সিলভার মুক্ত করে। এখন 107·87 গ্রাম হইল সিলভারের গ্রাম তুল্যাঙ্কভার। তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রত্যেক ক্ষেত্রেই দেখা যায় যে এক ফ্যারাডে তড়িৎপ্রবাহ চালিত হইলে প্রত্যেক আয়নের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্কভার মোক্ষিত হয়।

ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র (Faraday's Laws of Electrolysis) :—তড়িৎ-বিশ্লেষণে বিশ্লেষ্য পদার্থ হইতে উৎপন্ন পদার্থ-সকলের পরিমাণ সম্বন্ধে নানারূপ পরীক্ষার ফলস্বরূপ মাইকেল ফ্যারাডে (Michael Faraday) 1832 খৃষ্টাব্দে দুইটি সূত্র প্রকাশ করেন। এই সূত্র দুইটি ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র বলিয়া উল্লিখিত হয়।

প্রথম সূত্র :—কোন তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে প্রতি তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থের ওজন তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতিক হয়।

যদি Q কুলম্ব পরিমাপের তড়িৎ প্রয়োগ করিয়া W গ্রাম ওজনের একটি পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহা হইলে সূত্রানুসারে—

$$W \propto Q \propto Ct,$$

যেখানে C অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ t সেকেণ্ড ধরিয়া Q কুলম্ব পরিমাপের তড়িতের সৃষ্টি করে।

অতএব, $W = ZCt$, যেখানে Z = একটি নিত্য সংখ্যা। কিন্তু বিভিন্ন পদার্থের ব্যবহার হইলে Z বিভিন্ন হয়, কিন্তু একই পদার্থের বেলায় Z নিত্যসংখ্যা।

যখন $Q=1$ কুলম্ব হয়, অর্থাৎ 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ, 1 সেকেণ্ড ধরিয়া চালনা করা হয়, তাহা হইলে $W=Z$ হয়, অর্থাৎ $Z=$এক একক তড়িৎদ্বারা মোক্ষিত আয়নের ওজন। এই Zকেই **তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক** বলে। সুতরাং তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের পরিমাণ হইল—এক কুলম্ব তড়িৎদ্বারা মুক্ত আয়নের ওজন অর্থাৎ এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 1 সেকেণ্ড ধরিয়া চালনা করিলে যে আয়ন মোক্ষিত হয় তাহার গ্রামে প্রকাশিত ওজনকে তাহার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (**Electrochemicai Equivalent** অথবা সংক্ষেপে **E.C.E.**) বলে।

1 কুলম্ব তড়িৎ সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ হইতে 0·001118 গ্রাম সিলভার ক্যাথোডে মোক্ষিত করে এবং অতি সামান্য অ্যাসিডযুক্ত জল হইতে 0·0000104 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্যাথোডে উৎপন্ন করে। সুতরাং সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক$=$0·001118 গ্রাম এবং হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $=$0·0000104 গ্রাম।

এখন, একই পরিমাণ (Q) তড়িৎ প্রয়োগ করিলে যদি দুইটি পদার্থের যথাক্রমে W_1 এবং W_2 গ্রাম ওজন উৎপন্ন হয় এবং তাহাদের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক Z_1 এবং Z_2 হয় তাহা হইলে $W_1=Z_1\times Q$ এবং $W_2=Z_2\times Q$.

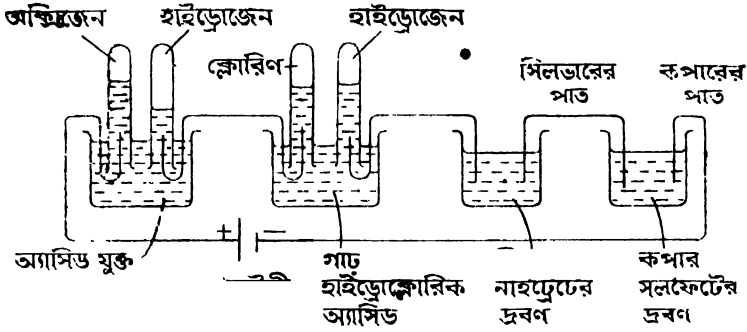
$$\text{অতএব}\quad \frac{W_1}{W_2}=\frac{Z_1}{Z_2}$$

$$\text{অথবা}\quad \frac{\text{প্রথম পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{দ্বিতীয় পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}=\frac{\text{মোক্ষিত প্রথম পদার্থের ওজন}}{\text{মোক্ষিত দ্বিতীয় পদার্থের ওজন}}$$

দ্বিতীয় সূত্র :—বিভিন্ন তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের ভিতর দিয়া একই পরিমাপের তড়িৎ চালনা করিলে, বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থগুলির ওজনের পরিমাণ উহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক হয়।

পৃথকভাবে চারিটি পাত্রে যথাক্রমে অ্যাসিডযুক্ত জল, গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ এবং কপার সলফেটের দ্রবণ লইয়া সংযুক্ত ছবিতে দেখানো মত শ্রেণীবদ্ধ সজ্জায় (**in series**) সাজাইয়া তড়িৎদ্বার সংযোগ করিয়া একটি ব্যাটারী হইতে একই বিদ্যুৎপ্রবাহ একই সময় ধরিয়া তাহাদের ভিতর দিয়া পরিচালনা করা হইল। কিছু সময় পরে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন,

ক্লোরিণ, সিলভার, কপার প্রভৃতি সঞ্চিত হইবে এবং উক্ত উৎপন্ন দ্রব্যগুলির ওজনের পরিমাণ বিভিন্ন হইবে, কিন্তু প্রত্যেকের পরিমাণ তাহার নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের অনুপাতে হয়। তাই যদি প্রথম পাত্রের ক্যাথোডে 1 গ্রাম হাইড্রোজেন মুক্ত হয়, তবে উহার অ্যানোডে 8 গ্রাম অক্সিজেন, দ্বিতীয় পাত্রের অ্যানোডে 35·5 গ্রাম

চিত্র নং—7

ক্লোরিণ, তৃতীয় পাত্রের ক্যাথোডে 107·87 গ্রাম সিলভার এবং চতুর্থ পাত্রের ক্যাথোডে 31·75 গ্রাম কপার উৎপন্ন হইবে। হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 1, অক্সিজেনের 8, ক্লোরিণের 35·5, সিলভারের 107·87 এবং কপারের 31·75. ইহাই দ্বিতীয় সূত্রানুসারে জানা যায়। সুতরাং দুইটি পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যদি E_1 এবং E_2 হয় এবং একই তড়িৎ (Q) চালনা করার ফলে তাহাদের যথাক্রমে W_1 গ্রাম এবং W_2 গ্রাম তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন হয়, তাহা হইলে দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী

$$W_1 \propto E_1 \text{ এবং } W_2 \propto E_2$$

$$\text{অতএব, } \frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

প্রথম সূত্রানুসারে জানা আছে, $\frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$, যেখানে Z_1 এবং Z_2 যথাক্রমে পদার্থদুইটির তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

$$\text{অতএব, } \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{E_1}{E_2}, \text{ অর্থাৎ } \frac{\text{প্রথম মৌলের E.C.E.}}{\text{দ্বিতীয় মৌলের E.C.E.}} = \frac{\text{প্রথম মৌলের C.E.}}{\text{দ্বিতীয় মৌলের C.E.}}$$

উৎপন্ন পদার্থ দুইটির ভিতর একটি যদি হাইড্রোজেন হয়, তাহা হইলে তাহার তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·0000104, এবং

$$\frac{Z_1}{0.0000104}=\frac{E_1}{\text{হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}=\frac{E_1}{1}$$

অতএব, $Z_1=0.0000104\times E_1$;

স্থতরাং, কোন পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = উহার রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক × হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

দুইটি স্থত্রকে সংযুক্ত করা যায়।

প্রথম স্থত্রানুসারে $W=Zct$. W = উৎপন্ন পদার্থের ওজন
Z = পদার্থের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক
c = তড়িৎপ্রবাহের অ্যাম্পিয়ারে পরিমাণ
t = সেকেণ্ডে সময়।

আবার দ্বিতীয় স্থত্রানুসারে

$Z=E\times$ হাইড্রোজেনের-তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক
$=E\times 0.0000104$

স্থতরাং লেখা যায়,

$W=E\times$ হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $\times c\times t$
$=E\times 0.0000104\times c\times t$

Examples (1) How much copper will be deposited by passing a current of 2 amperes for 16 minutes and 5 seconds through a solution of copper sulphate ?

96500 coulombs liberate $\frac{63.5}{2}$ grams of copper.

96500 কুলম্ব তড়িৎ $\frac{63.5}{2}$ গ্রাম কপার উৎপন্ন করে। অতএব, 1 কুলম্ব তড়িৎ $\frac{63.5}{2\times 96500}$ গ্রাম কপার উৎপন্ন করিবে। সংজ্ঞানুসারে $\frac{63.5}{2\times 96500}$ গ্রাম হইল কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

ফ্যারাডের প্রথম স্থত্রানুসারে, $W=ZCt$, যেখানে W হইল উৎপন্ন কপারের ওজন, Z হইল কপারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, C হইল অ্যাম্পিয়ারে পরিমাপিত তড়িৎপ্রবাহ, t হইল সেকেণ্ডে সময়।

অতএব, এইখানে $W = \frac{63.5}{2 \times 96500} \times 2 \times 965$ গ্রাম।

(16 মিনিট 5 সেকেণ্ড $= (16 \times 60 + 5)$ সেকেণ্ড $= 965$ সেকেণ্ড)

$= 0.635$ গ্রাম।

(2) (*i*) 0·106 gram of copper and 0·3597 gram of silver are respectively deposited by passing the same current for the same length of time through solutions of copper sulphate and silver nitrate respectively by making use of the requisite electrodes.

Calculate the equivalent weight of silver.

(*ii*) How much silver will be deposited by passing a current of 2 amperes for 20 minutes through a solution of silver nitrate? [Equivalent weight of copper = 31·8]

(*i*) ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে

$$\frac{\text{উৎপন্ন সিলভারের ওজন}}{\text{উৎপন্ন কপারের ওজন}} = \frac{\text{সিলভারের তুল্যাঙ্ক}}{\text{কপারের তুল্যাঙ্ক}}, \text{ অথবা } \frac{0.3597}{0.106} = \frac{\text{সিলভারের তুল্যাঙ্ক}}{31.8}$$

অতএব সিলভারের তুল্যাঙ্ক $= \frac{0.3597 \times 31.8}{0.106} = 107.89$

(*ii*) ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে

$W = Zct$, যেখানে $W =$ উৎপন্ন সিলভারের ওজন

$Z =$ সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

$c =$ অ্যাম্পিয়ারে তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ

$t =$ সেকেণ্ডে সময়

$= E \times 0.0000104 \times c \times t$,

যেখানে $E =$ সিলভারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

এবং 0·0000104 গ্রাম = হাইড্রোজেনের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক

$= 107.89 \times 0.0000104 \times 2 \times 20 \times 60$ গ্রাম $= 2.693$ গ্রাম।

(3) The same current is passed for the same length of time through (*a*) silver nitrate solution, (*b*) copper sulphate solution and (*c*) acidulated water. How much silver and copper will be

liberated in the time 124·7 c.c. of hydrogen at 27°C and 750 mm. pressure is liberated at the cathode placed in acidulated water ? [Ag=108, Cu=64.]

ধরা যাউক যে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন V ঘন সেন্টিমিটার।

বয়েল ও চার্লসের সূত্রানুসারে

$$\frac{V \times 760}{273+0} = \frac{124{\cdot}7 \times 750}{273+27}$$

$$V = \frac{124{\cdot}7 \times 750 \times 273}{760 \times 300}$$ ঘন সেন্টিমিটার = 112 ঘন সেন্টিমিটার (মোটামুটি)

এক্ষণে জানা আছে যে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন 0·00009 গ্রাম।

অতএব প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 112 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেনের ওজন = 112 × 0·00009 গ্রাম = 0·01008 গ্রাম।

এক্ষণে ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে,

$$\frac{\text{ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}}{\text{ক্যাথোডে উৎপন্ন সিলভারের ওজন}} = \frac{\text{হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}{\text{সিলভারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}}$$

সুতরাং $$\frac{0{\cdot}01008}{\text{ক্যাথোডে উৎপন্ন সিলভারের ওজন}} = \frac{1}{108}$$

∴ ক্যাথোডে উৎপন্ন সিলভারের ওজন = 0·01008 × 108 গ্রাম

= 1·089 গ্রাম (আসন্ন তৃতীয় দশমিক পর্যন্ত)

সেইরূপ $$\frac{0{\cdot}01008}{\text{ক্যাথোডে উৎপন্ন কপারের ওজন}} = \frac{1}{64/2}$$

∴ ক্যাথোডে উৎপন্ন কপারের ওজন = 0·01008 × $\frac{64}{2}$ গ্রাম = 0·32256 গ্রাম।

তড়িৎ-বিয়োজন বাদের পরিপ্রেক্ষিতে অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণ :— অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের সাধারণ ধর্ম, লবণের শ্রেণীবিভাগ এবং অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের সাধারণ প্রস্তুত প্রণালী নবম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" প্রথম ভাগে (চতুর্থ সংস্করণ, ষষ্ঠ (ক) অধ্যায়, পৃঃ 79-90) আলোচিত হইয়াছে। এইখানে তড়িৎ-বিয়োজন বাদ অনুসারে ইহাদের বিষয় আলোচিত হইল।

অ্যাসিড ঃ—যে যৌগ জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজিত হইয়া H^+-আয়ন ছাড়া অন্য কোন ধনাত্মক তড়িৎশক্তি-বিশিষ্ট আয়ন দেয় না তাহাকে অ্যাসিড বলে। যেমন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে নিম্নলিখিতভাবে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) উৎপন্ন করে : $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$

সলফিউরিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে $H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + H^+ + SO_4^{--}$

অ্যাসিডের যে সমস্ত ধর্ম এই পুস্তকের প্রথমভাগে র্ণিত হইয়াছে তাহা H^+ আয়নের ধর্ম।

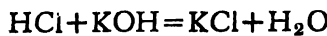
দ্রষ্টব্য ঃ— জলীয় দ্রবণে মুক্ত (free) H^+ আয়ন থাকে না। উহা জলের সহিত যুক্ত হইয়া $(H_3O)^+$ আয়নরূপে বিদ্যমান থাকে $H^+ + H_2O = (H_3O)^+$।

ক্ষার ঃ—যে যৌগ জলে দ্রবীভূত হইয়া তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে হাইড্রক্সিল [$(OH)^-$] আয়ন ছাড়া অন্য কোন ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি-বিশিষ্ট আয়ন দেয় না তাহাকে ক্ষার বলে। যেমন ক্ষার কষ্টিক সোডা জলীয় দ্রবণে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) এবং হাইড্রক্সিল আয়ন $(OH)^-$ দেয় : $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + (OH)^-$

ক্ষারের যে সমস্ত ধর্ম এই পুস্তকের প্রথমভাবে বর্ণিত হইয়াছে তাহা $(OH)^-$ আয়নের ধর্ম।

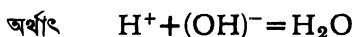
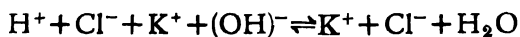
H^+ আয়ন হইল **প্রোটন** (Proton)—হাইড্রোজেন পরমাণু একটি প্রোটন এবং একটি ইলেকট্রন দ্বারা গঠিত এবং কোন উপায়ে ইলেকট্রনটি হাইড্রোজেনের পরমাণু হইতে সরাইয়া লইলে প্রোটনমাত্র অবশিষ্ট থাকে (এই পুস্তকের চতুর্থ অধ্যায়ে পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে লিখিত বিষয় দেখ)।

প্রশমন-ক্রিয়া (Neutralisation) :—যে-কোনও অ্যাসিডের সহিত তাহার সমতুল্য পরিমাণ ক্ষার মিশাইলে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহার আম্লিক বা ক্ষারীয় কোন প্রকার ধর্মই থাকে না। এই সময় দ্রবণটিকে প্রশমিত দ্রবণ বলে। এই বিক্রিয়াটিকে **প্রশমন-ক্রিয়া** বলা হয় এবং এই বিক্রিয়ার ফলে লবণ এবং জল উৎপন্ন হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে তাহার সমতুল্য কষ্টিক পটাসের দ্রবণ যোগ করিলে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটিয়া পটাসিয়াম ক্লোরাইড (লবণ) এবং জল

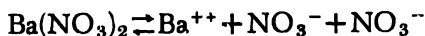
$$HCl + KOH = KCl + H_2O$$

উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণের আম্লিক বা ক্ষারীয় কোন ধর্মই থাকে না। এক্ষণে তড়িৎ-বিয়োজনবাদ অনুসারে আমরা জানি যে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) থাকে। আর কষ্টিক

পটাসের জলীয় দ্রবণে পটাসিয়াম আয়ন (K^+) এবং হাইড্রক্সিল আয়ন [$(OH)^-$] থাকে। আবার পটাসিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে পটাসিয়াম আয়ন (K^+) এবং ক্লোরাইড আয়ন (Cl^-) বর্তমান থাকে। জলের তড়িৎ-বিয়োজন খুবই সামান্য পরিমাণে ঘটিয়া থাকে এবং সেই কারণে জল তড়িতের কুপরিবাহী। কাজেই প্রশমন-ক্রিয়ায় যাহা ঘটিয়া থাকে তাহা নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা যায়ঃ

$$H^+ + Cl^- + K^+ + (OH)^- \rightleftharpoons K^+ + Cl^- + H_2O$$

অর্থাৎ $$H^+ + (OH)^- = H_2O$$

সুতরাং প্রশমন-ক্রিয়ার একটি সংজ্ঞা নিম্নলিখিত প্রকারে দেওয়া হয়; যে বিক্রিয়ায় অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন H^+ আয়ন তাহার সমতুল্য পরিমাণ ক্ষার হইতে উৎপন্ন $(OH)^-$ আয়নের সহিত মিলিত হইয়া তড়িৎ বিয়োজনের ভাবে প্রায় অবিয়োজিত জলের অণু গঠন করে তাহাকে প্রশমন-ক্রিয়া বলে।

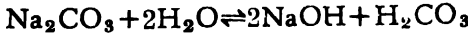
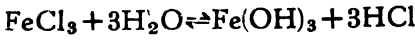
লবণ ঃ—লবণ মাত্রেই জলীয় দ্রবণে প্রায় পুরাপুরিভাবে তড়িৎবিশ্লিষ্ট হইয়া একটি ধনাত্মক তড়িৎ-শক্তি-বিশিষ্ট ক্ষারীয় বা ক্ষারকীয় মূলক এবং ঋণাত্মক তড়িৎ শক্তিবিশিষ্ট একটি অম্লীয়মূলক (acidic radical) দেয়। যেমন, পটাসিয়াম ক্লোরাইডের (KCl) জলীয় দ্রবণে K^+ হইল ক্ষারীয়মূলক এবং Cl^- হইল অম্লীয়মূলক। তেমনই জিঙ্ক সলফেটের ($ZnSO_4$) জলীয় দ্রবণে উৎপন্ন Zn^{++} হইল ক্ষারকীয় মূলক (basic radical) এবং SO_4 হইল অম্লীয়মূলক। আরও উদাহরণ হইল $NaNO_3 \rightleftharpoons Na^+ + NO_3^-$

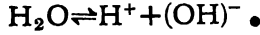
$$Ba(NO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{++} + NO_3^- + NO_3^-$$

লবণের শ্রেণীবিভাগের বিষয় প্রথমভাগে আলোচিত হইয়াছে।

আর্দ্র বিশ্লেষণ (**Hydrolysis**) **ঃ** জলীয় দ্রবণে শমিত লবণ (**normal salt**) সাধারণতঃ কোন আম্লিক বা ক্ষারীয় ধর্ম দেখায় না; কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে শমিত লবণের জলীয় দ্রবণে হয় আম্লিক ধর্ম, না হয় ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ পায়। যেমন, ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে আম্লিক ধর্ম দেখা যায় এবং সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণে ক্ষারীয় ধর্ম দেখা যায়। ইহার কারণ হইল যে, উক্ত দুই ক্ষেত্রেই উল্লিখিত শমিত লবণ দুইটির জলের সহিত বিক্রিয়া ঘটে এবং তাহার ফলে অ্যাসিড এবং ক্ষার উৎপন্ন হয়। প্রথম ক্ষেত্রে উৎপন্ন অ্যাসিড

দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন দেয় এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন ক্ষার দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন দেয়। তাই দ্রবণের হয় আম্লিক ধর্ম অথবা ক্ষারীয় ধর্ম প্রকাশ পায়।

$$FeCl_3+3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3+3HCl$$

$$Na_2CO_3+2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH+H_2CO_3$$

এই প্রক্রিয়ার মূলে রহিয়াছে জলের অতিসামান্য তড়িৎ-বিয়োজন :—

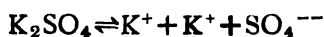
$$H_2O \rightleftharpoons H^++(OH)^-.$$

এইভাবে উৎপন্ন অতি সামান্য $(OH)^-$ আয়ন ফেরিক ক্লোরাইড হইতে উৎপন্ন ফেরিক আয়ন (Fe^{+++}) দ্রবণে থাকার ফলে প্রায় তড়িৎ বিয়োজনে অসমর্থ ফেরিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করিতে ব্যয়িত হয় এবং তাহার ফলে জলের পুনরায় সামান্য তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে। এইভাবে সমস্ত ফেরিক আয়ন জল হইতে উৎপন্ন হাইড্রক্সিল-আয়নের সহিত সংযুক্ত হইয়া অবিশ্লেষিত ফেরিক হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং জলে হাইড্রোজেন আয়ন ও ক্লোরাইড আয়ন থাকে। সেই কারণে দ্রবণের আম্লিক গুণ দেখা যায়। আবার সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে উৎপন্ন কার্বনেট আয়নের (CO_3^{--}) সহিত জলের অতিসামান্য তড়িৎ-বিয়োজনে উৎপন্ন হাইড্রোজেন আয়ন ক্রমশঃ যুক্ত হইয়া প্রায় তড়িৎ-বিয়োজনে অসমর্থ কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে এবং দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন ও সোডিয়াম আয়ন বহুল পরিমাণে থাকে। তাই দ্রবণটির ক্ষারীয় ধর্ম দেখা দেয়।

অ্যাসিড ও ক্ষারের তীব্রতা :—একই অবস্থায় সকল অ্যাসিড তড়িৎ বিয়োজনের ফলে জলীয় দ্রবণে সমান সংখ্যক H^+ আয়ন দেয় না। কোন অ্যাসিডে কয়টি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে তাহাদ্বারা অ্যাসিডের তীব্রতা পরিমাপ করা যায় না। অ্যাসিডের তীব্রতা তাহার জলীয় দ্রবণে H^+ আয়নের সংখ্যার উপর নির্ভর করিবে। HCl, HNO_3, H_2SO_4 এই সকল অ্যাসিডকে তীব্র অ্যাসিড (strong acid) বলা হয় কারণ ইহারা জলীয় দ্রবণে বেশী তড়িৎ বিয়োজিত হয় এবং উহাতে H^+ আয়নের ভাগ বেশী থাকে। একই মাত্রিক-অবস্থায় (normality) বিভিন্ন অ্যাসিডের দ্রবণের তড়িৎ-পরিবাহিতা (electrical conductivity) মাপিয়া অ্যাসিডের তীব্রতা তুলনা করা হয়, কারণ অ্যাসিডের দ্রবণের তড়িৎ-পরিবাহিতা দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়নের সংখ্যার সহিত সমানুপাতিক। এইভাবে পরিমাপ করিয়া জানা গিয়াছে HCl তীব্রতম অ্যাসিড, তাহার পর আসে নাইট্রিক অ্যাসিড এবং সলফিউরিক অ্যাসিড তৃতীয় স্থান অধিকার করে।

আবার H_2CO_3, অ্যাসিটিক অ্যাসিড (CH_3COOH), HCN (হাইড্রো-সায়ানিক অ্যাসিড) ইত্যাদি অ্যাসিড মাত্রিক দ্রবণে খুব কম পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন দেয়। আবার ইহাদের মাত্রিক দ্রবণে জল যোগ করিয়া পাতলা করিলে ইহাদের তড়িৎ-বিয়োজন বৃদ্ধি পায়। ইহাদিগকে দুর্বল (**weak**) অ্যাসিড বলা হয়। ফসফোরিক অ্যাসিডে (H_3PO_4) তিনটি প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু আছে, কিন্তু ইহার জলীয় দ্রবণে আয়নে বিশ্লেষিত হইবার ক্ষমতা কম। তাই ইহা একটি দুর্বল অ্যাসিড।

যে সকল ক্ষারীয় দ্রবণে মুক্ত $(OH)^-$ আয়নের পরিমাণ বেশী সেই ক্ষার তীব্র। NaOH এবং KOH তীব্র ক্ষার, কিন্তু NH_4OH বেশী তড়িৎ-বিয়োজিত হয় না বলিয়া দুর্বল ক্ষার। $Fe(OH)_3$ এবং $Al(OH)_3$ আরও কম তড়িৎ-বিয়োজিত হয়, কাজেই ইহারা আরও দুর্বল ক্ষারক।

যে আর্দ্র বিশ্লেষণের কথা পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে তাহা তীব্র ক্ষার এবং দুর্বল অ্যাসিড অথবা দুর্বল ক্ষারক ও তীব্র অ্যাসিডের পারস্পরিক প্রশমনের ফলে উৎপন্ন লবণের ক্ষেত্রেই সংঘটিত হয়, তীব্র অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষার হইতে উৎপন্ন লবণের ক্ষেত্রে হয় না। যেমন, তীব্র অ্যাসিড সলফিউরিক অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষার কষ্টিক পটাসের প্রশমন ক্রিয়াদ্বারা উৎপন্ন লবণ পটাসিয়াম সলফেট জলে যোগ করিয়া যে দ্রবণ হয় তাহাতে পটাসিয়াম আয়ন ও সলফেট আয়ন হয়, কিন্তু দ্রবণের কোন ক্ষারীয় বা আম্লিক ধর্ম দেখা যায় না।

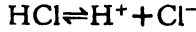
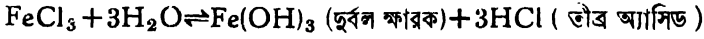
$$K_2SO_4 \rightleftharpoons K^+ + K^+ + SO_4^{--}$$

কিন্তু তীব্র ক্ষার কষ্টিক সোডা এবং দুর্বল অ্যাসিড কার্বনিক অ্যাসিড হইতে প্রশমন-ক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণ সোডিয়াম কার্বনেট জলে যোগ করিলে উহার আর্দ্রবিশ্লেষণ হইয়া থাকে। তাহাতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। কার্বনিক অ্যাসিড দুর্বল অ্যাসিড বলিয়া খুবই কম হাইড্রোজেন আয়ন দ্রবণে উৎপাদন করে, কিন্তু সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড তীব্র ক্ষার বলিয়া খুব বেশী পবিমাণে হাইড্রক্সিল আয়ন জলীয় দ্রবণে দিয়া থাকে। তাই দ্রবণে ক্ষারীয় ধর্মের প্রাবল্য দেখা যায়। $Na_2CO_3 + 2H_2O \rightleftharpoons 2NaOH + H_2CO_3$ (দুর্বল অ্যাসিড)

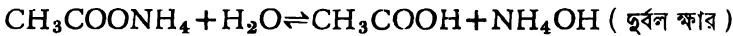
$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

সেইরূপ ফেরিক ক্লোরাইড জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া দুর্বল ক্ষারক ফেরিক হাইড্রক্সাইড এবং তীব্র অ্যাসিড হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে। এখন

ফেরিক হাইড্রক্সাইড দুর্বল ক্ষারক বলিয়া অতিশয় অল্প হাইড্রক্সিল আয়নে বিয়োজিত হয়, আর হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অতি তীব্র অ্যাসিড বলিয়া খুব বেশী পরিমাণ হাইড্রোজেন আয়ন দেয়। তাই ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণ অ্যাসিডধর্মী হয়।

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 \text{ (দুর্বল ক্ষারক)} + 3HCl \text{ (তীব্র অ্যাসিড)}$$

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

দুর্বল অ্যাসিড এবং দুর্বল ক্ষার হইতে প্রশমন-ক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের জলের দ্রবণে সহজেই আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটিয়া থাকে। কিন্তু তাহার ফলে দুর্বল অ্যাসিড এবং দুর্বল ক্ষার সমপরিমাণে উৎপন্ন হয়। অ্যাসিড এবং ক্ষার উভয়েই দুর্বল বলিয়া দ্রবণে H^+ আয়ন বা OH^- আয়নের কোনটিরই আধিক্য থাকে না। এইজন্য উক্ত প্রকারের লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ সংঘটিত হওয়ার পরেও দ্রবণটি প্রশম অবস্থাতেই থাকে।

$$CH_3COONH_4 + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + NH_4OH \text{ (দুর্বল ক্ষার)}$$

অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট দুর্বল অ্যাসিটিক অ্যাসিড

তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ :—তড়িৎ-বিশ্লেষণের পদ্ধতিকে নিম্নলিখিতভাবে কাজে লাগানো হয় :—(ক) **তড়িৎ-লেপন** (Electro-plating) : এই প্রক্রিয়াতে একটি ধাতুনির্মিত দ্রব্যের উপর (সাধারণতঃ লৌহ বা পিতলের দ্রব্যে) অন্য ধাতুর (যথা নিকেল, সিলভার, কপার বা ক্রোমিয়ামের) পাতলা স্তর উৎপাদন করা হয়। প্রথম প্রকারের ধাতব দ্রব্যকে প্রথমে কষ্টিক সোডার দ্রবণ দ্বারা এবং পরে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্বারা ধুইয়া লওয়া হয়। এই উপায়ে চর্বিঘটিত আস্তরণ এবং অক্সাইডের আস্তরণ ধাতব দ্রব্য হইতে অপসারিত করা হয়। পরে জল দিয়া ধুইয়া ধাতব পদার্থটিকে একটি তড়িৎগাহে ডুবাইয়া ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয়। আর যে ধাতুর প্রলেপ দেওয়া প্রয়োজন তাহার একটি খণ্ডকে গাহে ডুবাইয়া উক্ত ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করা হয়। তাহাতে ধাতব পদার্থটি গাহে ক্যাথোড হয় এবং যে ধাতুর প্রলেপ দেওয়া প্রয়োজন তাহার খণ্ড হয় অ্যানোড। গাহে যে ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয় তাহার একটি লবণের দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, লৌহনির্মিত দ্রব্যের মরিচা ধরা নিবারণ করিতে উহার উপর নিকেল-লেপন করা হয়; তাহার জন্য নিকেল অ্যামোনিয়াম সলফেটের দ্রবণের ভিতর লৌহনির্মিত দ্রব্যকে ডুবাইয়া ক্যাথোডরূপে এবং নিকেল ধাতুর মোটা পাতকে অ্যানোডরূপে

ব্যবহার করা হয়। তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে অ্যানোডে নিকেল দ্রবীভূত হয় এবং লৌহের দ্রব্যের উপর নিকেলের আস্তরণ পড়ে।

(খ) **ধাতুর লেপন দ্বারা ছাঁচ-প্রস্তুত** (Electro-typing):—কোন ছবি বা অক্ষর প্রথমে কাঠের উপর আঁকিতে হয়। কাঠের উপর ছবির আকৃতি কুঁদিয়া তোলা হয়। কাঠের উপর মোমের সাহায্যে চাপ দিয়া মোমের ছাঁচ তৈয়ারী করা হয়। মোমের ছাঁচ কাঠের উপর হইতে তুলিয়া আনিয়া ছাঁচের ভিতর দিকে গ্র্যাফাইটের আস্তরণ (graphite coating) দিয়া তামার তারে জড়াইয়া কপার সলফেটের দ্রবণে ডুবাইয়া দেওয়া হয় এবং ক্যাথোডরূপে উহা ব্যবহৃত হয়। বিশুদ্ধ কপারের পাত উক্ত দ্রবণে ডুবাইয়া অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত হয়। ব্যাটারির সাহায্যে গাহের মধ্য দিয়ে তড়িৎ পরিচালনা করিলে মোমের ছাঁচের উপর গ্র্যাফাইট আস্তরণ ক্যাথোডরূপে কাজ করায় সেখানে কপারের স্তর জমে। কিছুক্ষণ পরে গাহ হইতে ছাঁচ তুলিয়া আনিয়া ছাঁচ হইতে মোম কাটিয়া অপসারিত করা হয়। এইভাবে উৎপন্ন কপারের ছাঁচের ভিতর দিকে লেড গলাইয়া ঢালিয়া দিয়া ভর্তি করা হয় এবং তাহাতে জিনিষটি শক্ত হয়। পরে কাঠের সহিত উক্ত ছাঁচ আটকাইয়া ছাপার কার্য নিষ্পন্ন করা হয়। এইভাবে ছাপার বইএর পাতার ছাঁচ তৈয়ারী করিয়া বই ছাপানো হয়।

(গ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা ধাতু উৎপাদন** (Electro metallurgy): —সময় সময় ধাতু উৎপাদনে তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া প্রয়োগ করা হয়। যেমন, গলিত কষ্টিক সোডা হইতে ধাতব সোডিয়াম উৎপাদনে, বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড হইত ধাতব অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনে, গলিত কানালাইট হইতে ধাতব ম্যাগনেসিয়াম উৎপাদনে উপরে উক্ত দ্রব্যগুলির তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত করা হয়। এই পদ্ধতিগুলি ধাতু ও ধাতব লবণের অধ্যায়ে বিশদভাবে আলোচিত হইয়াছে (এই পুস্তকের সপ্তত্রিংশ অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

(ঘ) **ধাতু শোধন**:—ইহার প্রয়োগে রাসায়নিকভাবে বিশুদ্ধ ধাতু উৎপাদন করা হয়। যেমন, চুল্লী হইতে উৎপন্ন অশুদ্ধ কপার হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা রাসায়নিকভাবে বিশুদ্ধ কপার উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতি যেখানে সপ্তত্রিংশ অধ্যায়ে কপারের বিষয় আলোচিত হইয়াছে সেইখানে বিশদভাবে লেখা হইয়াছে।

(ঙ) **তৌলিক রাসায়নিক বিশ্লেষণ** (Quantitative Chemical Analysis):—(*i*) কোন যৌগে বর্তমান ধাতুর শতকরা তৌলিক ভাগ নির্ণয়

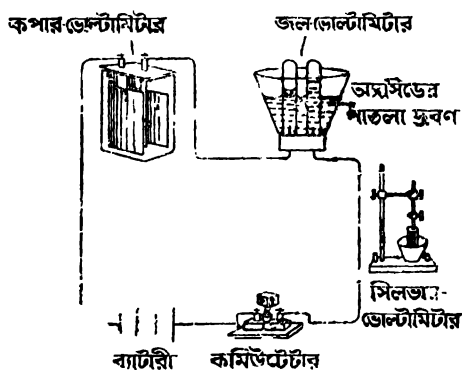
করিতে তড়িৎ-বিশ্লেষণের প্রয়োগ হইয়া থাকে। একটি ওজন করা প্লাটিনামের মুচিতে উপযুক্ত পরিমাণ যৌগ পদার্থ, যেমন জিঙ্ক সলফেট, রাসায়নিক তৌলদণ্ডে সূক্ষ্মভাবে ওজন করিয়া লওয়া হয়। তাহাতে সামান্য অ্যামোনিয়াম সলফেট যোগ করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হয়। পরে প্লাটিনামের মুচিটিকে ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর সহিত যোগ করিয়া ক্যাথোড করা হয় এবং দ্রবণে একটি প্লাটিনামের তার যোগ করিয়া উহাকে উক্ত ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সহিত যোগ করিয়া অ্যানোড করা হয়। তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে প্লাটিনামের মুচিতে জিঙ্ক জমা হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পূর্ণ হইলে দ্রবণ ফেলিয়া দিয়া পাতিত জলদ্বারা প্লাটিনামের মুচিটি বেশ করিয়া ধুইয়া ফেলিয়া পরে কোহল দ্বারা ধৌত করিয়া মুচিটিকে শুষ্ক করা হয় এবং জিঙ্কসমেত মুচিটি সূক্ষ্মভাবে ওজন করা হয়। তাহাতে উৎপন্ন জিঙ্কের ওজন পাওয়া যায়। তাহা হইতে জিঙ্ক সলফেট লবণে জিঙ্কের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। (*ii*) দুইটি ধাতব লবণের মিশ্র দ্রবণ হইতে দুইটি ধাতু পৃথক্ পৃথক্ ভাবে তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা উৎপাদন করিয়া ধাতু দুইটির শতকরা ভাগ নির্ণয় করা যায়। ধরা যাউক যে কাঁসায় (কপার ও জিঙ্কের সংকর) কপার ও জিঙ্কের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করিতে হইবে। কাঁসাকে টুকরা করিয়া তাহার এক টুকরা সূক্ষ্মভাবে ওজন করিয়া লওয়া হয়। পরে একটি প্লাটিনামের বাটিতে কাঁসার টুকরাটি রাখিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড যথোপযুক্ত পরিমাণে যোগ করিয়া উহাকে দ্রবীভূত করা হয়। পরে দ্রবণে সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া অ্যাস্‌বেস্‌টস্ খণ্ডের উপর বাটিটিকে বসাইয়া উত্তাপপ্রয়োগে দ্রবণকে শুকাইয়া ফেলিয়া আরও উত্তাপ দিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের ঘন বাষ্প বাহির করা হয়। তাহাতে কপার সলফেট এবং জিঙ্ক সলফেট উৎপন্ন হয়। তখন বাটিটিকে নামাইয়া ঠাণ্ডা করিয়া পাতিত জল যোগ করিয়া কপার সলফেট এবং জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণ উৎপন্ন করা হয়। পরে বাটিটির দ্রবণে একটি ওজন-করা প্লাটিনামের পাত ডুবাইয়া উহাকে ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করা হয় এবং একটি প্লাটিনামের তার দ্রবণে ডুবাইয়া উক্ত ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করা হয়। পরে তড়িৎবিভব (potential) বিভিন্ন ভাবে স্থির রাখিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত করা হয়। এক প্রকার তড়িৎবিভবে 1·8 হইতে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ চালনা করিলে কেবলমাত্র কপার ক্যাথোডে (প্লাটিনামের পাতে) জমা হয়। সমস্ত কপার সলফেট বিশ্লিষ্ট হইয়া কপার জমা হইলে দ্রবণ

বর্ণহীন হয়। তখন তড়িৎ-সংযোগ বিচ্ছিন্ন করিয়া প্লাটিনামের পাতটি তুলিয়া আনিয়া পাতিত জলে এবং কোহলে ধুইয়া শুষ্ক করিয়া ওজন করা হয়। তাহা হইতে কপারের ওজন পাওয়া যায় এবং তখন কাঁসায় কপারের শতকরা ভাগ স্থির করা যায়। পরে পাতটি আবার দ্রবণে ডুবাইয়া তড়িৎবিভব বদলাইয়া দিলে এবং 0·2 হইতে 0·3 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ পরিচালনা করিলে জিঙ্ক ক্যাথোডে জমা হয়। যখন সমস্ত জিঙ্ক সলফেট বিশ্লিষ্ট হইয়া জিঙ্ক ক্যাথোডে জমা হয় তখন তড়িৎ-প্রবাহ চালনা বন্ধ করিয়া প্লাটিনামের পাতটি তুলিয়া আনিয়া পাতিত জল এবং কোহল দিয়া ধুইয়া শুষ্ক করিয়া পুনরায় ওজন করা হয়। এই ওজন হইতে পূর্বের কপারযুক্ত প্লাটিনাম পাতের ওজন বাদ দিলে জিঙ্কের ওজন পাওয়া যায়। তাহা হইতে কাঁসায় জিঙ্কের শতকরা পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

(চ) **প্রয়োজনীয় রাসায়নিক দ্রব্যের পণ্য উৎপাদন**ঃ—তড়িৎ-বিশ্লেষণ-পদ্ধতি প্রয়োগ দ্বারা ক্লোরিণ (দ্বিতীয় ভাগ, পৃঃ 247-248 দ্রষ্টব্য), কষ্টিক সোডা ও সোডিয়াম কার্বনেট (এই পুস্তকের সপ্তত্রিংশ অধ্যায় দ্রষ্টব্য), পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, অক্সিজেন (প্রথম ভাগ, ৪র্থ সংস্করণ পৃঃ 71), হাইড্রোজেন (প্রথম ভাগ ৪র্থ সংস্করণ, পৃঃ 116) প্রভৃতির পণ্য উৎপাদন নিষ্পন্ন করা হয়।

(ছ) **ধাতুর তুল্যাঙ্ক নির্ণয়**ঃ—কপারের তুল্যাঙ্ক নিম্নলিখিত উপায়ে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা স্থির করা যায়ঃ—

একটি কপার ভোল্টামিটার (Copper Voltameter) এবং একটি জল ভোল্টামিটার (Water Voltameter) পর পর সাজাইয়া একই ব্যাটারির সহিত ছবিতে দেখানো মত ভাবে সংযুক্ত করা হইল। কপার ভোল্টামিটারে বিশুদ্ধ কপার সলফেটের দ্রবণে সামান্য সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া রাখা হয় এবং জল ভোল্টামিটারে সলফিউরিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণ লওয়া হয়। ব্যাটারির এক প্রান্ত একটি কমিউ-

চিত্র নং—৪

টেটারের (Commutator) ভিতর দিয়া লইয়া ছবিতে দেখানো মতন ভাবে জল ভোল্টামিটারে সংযুক্ত করা হয়। ব্যাটারি সংযোগ করিবার পূর্বে কপার ভোল্টামিটার হইতে ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত কপারের পাত বাহিরে আনিয়া বালি কাগজ (sand-paper) দ্বারা ঘষিয়া পরিষ্কার করা হয়: পরে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড দ্বারা উহা ধুইয়া প্রথমে কলের জলদ্বারা এবং পাতিত জলদ্বারা অ্যাসিড ধুইয়া ফেলা হয়। পরে উহাকে উত্তপ্ত বায়ু-চুল্লীতে (air-oven) রাখিয়া শুষ্ক করা হয়। এইভাবে পরিষ্কৃত এবং শুষ্ক কপারের ক্যাথোডকে সূক্ষ্মভাবে রাসায়নিক তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া কপার ভোল্টামিটারে যথাস্থানে বসাইয়া দেওয়া হয়। দুইটি গ্যাস-পরিমাপক নল অ্যাসিডযুক্ত জলদ্বারা ভর্তি করিয়া জল ভোল্টামিটারের দুইটি তড়িৎদ্বারের উপর বসাইয়া দেওয়া হয়। পরে ব্যাটারি সংযোগ স্থাপন করিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। বিশেষভাবে লক্ষ্য রাখা হয় যাহাতে কপার ভোল্টামিটারে অবস্থিত কপার ক্যাথোডে লাল রংএর কপার সমানভাবে জমা হয়। জল ভোল্টামিটারের ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া গ্যাস-পরিমাপক নলে জমা হয়। কিছুক্ষণ এইভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ চালাইয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এইবার কপার ক্যাথোড তুলিয়া আনিয়া জল দিয়া ধুইযা বুনসেন দীপের শিখার কিছু উপরে ধরিয়া শুষ্ক করিয়া সূক্ষ্মভাবে ওজন করা হয়। দেখিতে হইবে যে, এইভাবে শুষ্ক করিবার সময় উৎপন্ন কপার কাল কপার অক্সাইডে রূপান্তরিত না হয়। যে গ্যাস-পরিমাপক নলে হাইড্রোজেন জমা হইয়াছে তাহা বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ দ্বারা বন্ধ করিয়া জল ভোল্টামিটার হইতে তুলিয়া আনিয়া একটি লম্বা জলপূর্ণ পাত্রে ডুবাইয়া দেওয়া হয় এবং বৃদ্ধাঙ্গুষ্ঠ অপসারিত করা হয়। পরে গ্যাস পরিমাপক নলের ভিতরের জল এবং বাহিরের পাত্রের জল একই তলে (same level) আনিয়া হাইড্রোজেনের আয়তন পড়িয়া লইয়া লেখা হয়। সেই সঙ্গে পাত্রের জলের উষ্ণতা এবং ব্যারোমিটার হইতে বায়ুর চাপ মাপিয়া লিখিয়া লওয়া হয়।

গণনা ঃ—ধরা যাউক,

পরীক্ষা চালনা করিবার পূর্বে কপার ক্যাথোডের ওজন $= w_1$ গ্রাম।

পরীক্ষা চালনা করিবার পর „ „ „ $= w_2$ গ্রাম।

অতএব উৎপন্ন কপারের ওজন $= (w_2 - w_1)$ গ্রাম।

উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন, ধরা যাউক V ঘন সেন্টিমিটার, এবং ইহার উষ্ণতা জলের উষ্ণতার সমান কারণ ইহা জলের ভিতর ডোবানো হইয়াছিল। ধরা যাউক, এই উষ্ণতা t° সেন্টিগ্রেড এবং ব্যারোমিটার হইতে নির্ণীত বায়ুর চাপ = P মিলিমিটার। এক্ষণে: হাইড্রোজেন জলের উপর সংগৃহীত হওয়ায় ইহা জলীয় বাষ্পদ্বারা সংপৃক্ত এবং t° সেন্টিগ্রেডে সংপৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ = f মিলিমিটার (ইহা টেবিলের দ্বারা নির্ণীত);

তাহা হইলে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে আয়তন হইবে $\frac{V(P-f)\times 273}{760\times(273+t)}$ ঘন সেন্টিমিটার (বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্র প্রয়োগ করিয়া:)। যেহেতু প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 1 ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক হাইড্রোজেনের ওজন 0·00009 গ্রাম, এই হাইড্রোজেনের ওজন হইল

$$\frac{V(P-f)\times 273}{760\times(273+t)}\times 0{\cdot}00009 \text{ গ্রাম।}$$

এই ওজনের হাইড্রোজেন (w_2-w_1) গ্রাম কপারের সমতুল্য, কারণ একই পরিমাণ তড়িৎ একই সময়ের জন্য প্রবাহিত করিয়া উক্ত পরিমাণ হাইড্রোজেন এবং কপার পাওয়া যায় (ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র)। অতএব যখন 1 গ্রাম হাইড্রোজেন জল ভোল্টামিটারের ক্যাথোডে উৎপন্ন হইবে তখন কপার ভোল্টামিটারের ক্যাথোডে

$$\frac{(w_2-w_1)\times 760(273+t)}{V(P-f)\times 273\times 0{\cdot}00009} \text{ গ্রাম কপার জমা হইবে।}$$

অতএব সংজ্ঞানুসারে $\frac{(w_2-w_1)\times 760\times(273+t)}{V(P-f)\times 273\times 0{\cdot}00009}$ হইল কপারের তুল্যাঙ্ক।

দ্রষ্টব্য। ছবির পার্শ্বে দেখান সিলভার ভোল্টামিটার (যাহাতে অতি সামান্য নাইট্রিক অ্যাসিডযুক্ত সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ লওয়া হয় এবং সিলভারের ক্যাথোড ব্যবহার করা হয়) কপার ভোল্টামিটারের স্থলে ব্যবহার করিলে এই উপায়ে সিলভারের তুল্যাঙ্ক স্থির করা যায়।

Questions

1. What do you mean by electrolytes, ions, cathode, anode, electro-plating and coulomb ?

১। "তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ", "আয়ন", "ক্যাথোড", "অ্যানোড", "তড়িৎ-লেপন পদ্ধতি" এবং "কুলম্ব" বলিতে যাহা বুঝ তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

State Faraday's La of Ele trolysis What is lectro-chemical equivalent of element and how is it relateu to its cJemical equivalent ?

। "ফ্যারাডের তড়ি -বিশ্লেষণ সূত্র" উল্লেখ কর। কোনও যৌগের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলিতে কি বুঝায় এবং উহা উক্ত যৌগের রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সহিত কি প্রকার সম্বন্ধযুক্ত ?

3. Define the terms 'electrolyte', 'anions' and 'cations', giving examples.
State Faraday's Laws of Electrolysis. Deduce from these laws · (a) definition of electro-chemical equivalent, and (b) relationship between chemical equivalent and electro-chemical equivalent. [Higher Secondary, Bengal, 1960]

৩। সংজ্ঞা লিখ : "তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থ", "অ্যানায়ন", "ক্যাটায়ন"। উদাহরণ দাও।

"ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র" উল্লেখ কর। এই সূত্রদ্বয় হইতে (ক) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা এবং (খ) রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের ভিতর সম্পর্ক বাহির কর।

(পশ্চিমবঙ্গ মধ্যশিক্ষা পর্ষৎ ১৯৬০)

4. State Faraday's Laws of Electrolysis and express them by one equation.
Calculate the electro-chemical equivalents of Ag and oxygen, given the E.C E of H = 0·0000104g. At. wt. of Ag = 108, at wt. of O_2 = 16.
(Bombay, 1931, C. U. 1945). [Ans. 0·0011232 ; 0·0000832]

৪। "ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র" উল্লেখ কর এবং উহাদের একটিমাত্র সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর।

সিলভার ও অক্সিজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নিম্নের ফলগুলি হইতে নির্ণয় কর : হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = ০·০০০০১০৪ গ্রাম, সিলভারের পারমাণবিক ওজন = ১০৮, অক্সিজেনের পারমাণবিক ওজন = ১৬। (বোম্বাই ১৯৩১, ক: বি: ১৯৪৫)

[**উত্তর :** ০·০০১১২৩২ গ্রাম ; ০·০০০০৮৩২ গ্রাম]

5. Explain what happens when an electric current is passed through (a) $CuSO_4$ solution between Cu electrodes, (b) $CuSO_4$ solution between Pt. electrodes, (c) NaCl solution between Pt. electrodes, (d) Conc. HCl solution between carbon electrodes, (e) H_2SO_4 solution between Pt. electrodes.

৫। লিখিত মত উপায়ে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে কি ঘটে তাহা ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও :—

(ক) কপার সলফেটের দ্রবণে কপারের তৈয়ারী তড়িৎদ্বারের সাহায্যে ;

(খ) কপার সলফেটের দ্রবণে প্লাটিনামের তৈয়ারী তড়িৎদ্বারের সাহায্যে ;

(গ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ভিতর কার্বননির্মিত তড়িৎদ্বারের সাহায্যে ;

(ঘ) সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ভিতর প্লাটিনাম নির্মিত তড়িৎ-দ্বারের সাহায্যে।

6. Write a clear account of the Ionic theory. What weight of Ag will be deposited by 2·1 ampere current flowing for 20 minutes through $AgNO_3$ solution. (Benares, 1933 ; Nagpur, 1934) [Ans. 2·8173gm.]

৬। তড়িৎ বিয়োজ[illegible] বর্ণনা [illegible]। ২ [illegible] অ্যাম্পিয়ার [illegible] মিনিট [illegible]
ধরিয়া সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে কি পরিমাণ সিলভার উৎপন্ন হইবে ?
(বেনারস, ১৯৩৩ ;নাগপুর, ১৯৩৪) [উত্তর ঃ ২·৮১৭৩ গ্রাম]

7. **Write a short note on the theory of Electrolytic Dissociation. Discuss in terms of the theory—(*a*) Strengths of acids and bases, (*b*) neutralisation, and (*c*) hydrolysis. Can you cite any evidence other than electrolysis in support of the existence of ions in solution ?**

৭। তড়িৎ বিয়োজনবাদ সম্বন্ধে সংক্ষেপে একটি বর্ণনা দাও। এই বাদের পরিপ্রেক্ষিতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে আলোচনা কর :—(ক) অ্যাসিড এবং ক্ষারের শক্তি, (খ) প্রশমন প্রক্রিয়া এবং (গ) আর্দ্র বিশ্লেষণ। তড়িৎ-বিশ্লেষণ ছাড়া দ্রবণে আয়নের অবস্থিতি সম্পর্কে অন্য কোন প্রমাণ দিতে পার কি ?

8. Distinguish between Faraday and Coulomb. An electric current is passed simultaneously through aqueous solutions of the following :—(*a*) KI, (*b*) $CuSO_4$ and (*c*) Conc. HCl. What substances and what quantities will be formed when the amount of electricity passed was 1 Faraday ? [Bombay, 1951]

[Ans. (*a*) 127 gms. of Iodine at anode ; 1 gm. of Hydrogen at cathode and 56 grms, of KOH was produced near cathode.]

(*b*) 31·75 gms. of Copper at cathode ; 8 gms. of oxygen at anode and 49 gms. of sulphuric acid were formed at anode.

(*c*) 35·5 gms. of Chlorine at anode ; 1 gm. of Hydrogen at cathode.

৮। "ফ্যারাডে" এবং "কুলম্বের" পার্থক্য উল্লেখ কর। একই তড়িৎপ্রবাহ নিম্নলিখিত পদার্থগুলির জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করা হইল :—(ক) পটাসিয়াম আয়োডাইড, (খ) কপার সলফেট এবং (গ) গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড। কোন্ দ্রব্যের কতখানি বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন হইবে যদি ১ ফ্যারাডে তড়িৎদ্রবণগুলির ভিতর দিয়া চালনা করা হয় ? (বোম্বাই, ১৯৫১)

[উত্তর ঃ (ক) ১২৭ গ্রাম আয়োডিন অ্যানোডে ; ১ গ্রাম হাইড্রোজেন ক্যাথোডে এবং ক্যাথোডের নিকট ৫৬ গ্রাম কষ্টিক পটাশ উৎপন্ন হইবে।

(খ) ৩১·৭৫ গ্রাম কপার ক্যাথোডে ; ৮ গ্রাম অক্সিজেন অ্যানোডে এবং অ্যানোডের নিকট ৪৯ গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইবে।

(গ) ৩৫·৫ গ্রাম ক্লোরিণ অ্যানোডে ; ১ গ্রাম হাইড্রোজেন ক্যাথোডে]

9. **State Faraday's Laws of Electrolysis and express them in the form of an equation. Calculate, at N.T.P. the volume of hydrogen which will be liberated when a current of 10 amperes is passed through a dilute solution of H_2SO_4 in water for 6 minutes and 26 seconds. Given one Faraday=96500 coulombs. (C.U. 1954)** [Ans. 448 c.c.]

৯। ফ্যারাডের "তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র" উল্লেখ কর এবং একটি সমীকরণে সূত্রদ্বয়কে প্রকাশ কর। যখন ১০ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ ৬ মিনিট ২৬ সেকেণ্ড ধরিয়া একটি সলফিউরিক অ্যাসিডের পাতলা দ্রবণের

ভিতর দিয়া চালিত করা হয়, তখন প্রমাণ উষ্ণতা ... ... গ্যজেনের আয়তন নির্ণয় কর।
দেওয়া আছে ১ ফ্যারাডে=৯৬৫০০ কুলম্ব। (কঃ বিঃ ১৯৫৪)

[উত্তর : ৪৪৮ ঘন সেন্টিমিটার]

10. A current of 2 amperes was passed through a solution of copper sulphate for 16 minutes and 5 seconds. Calculate the amount of copper deposited on the cathode. Given 96,500 coulombs can deposit $\frac{63.6}{2}$ grams of copper. (C.U. 1959)

[Ans. 0·636 gram]

১০। একটি ২ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ ১৬ মিনিট ৫ সেকেণ্ড ধরিয়া একটি কপার সালফেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালিত করা হইল ; ক্যাথোডে কি পরিমাণ কপার মুক্ত হইল তাহা কষিয়া বাহির কর। দেওয়া আছে ৯৬৫০০ কুলম্ব পরিমাণ তড়িৎ $\frac{৬৩.৬}{২}$ গ্রাম কপার মুক্ত করিতে পারে। (কঃ বিঃ ১৯৫৯)

[উত্তর : ·৬৩৬ গ্রাম]

11. An electric current is passed simultaneously through (*a*) acidulated water, (*b*) $CuSO_4$ solution, (*c*) $AgNO_3$ solution. What substances and how many grams of each are liberated in each cell in the time that 124·7 c.c. of Hydrogen at 27°C. and 750 mm. are liberated ? (Bombay Engineering 1919)

[Ans. 1 088 gm. of Ag ; 0·32 gm. of Cu]

১১। একই তড়িৎপ্রবাহ একসঙ্গে (ক) অ্যাসিডযুক্ত জল, (খ) কপার সলফেটের দ্রবণ, (গ) সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করা হইল। ইহাতে যে সময়ে ২৭° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার পারদের চাপে ১২৪·৭ ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় সেই সময়ে অন্যান্য কোষে কোন্ কোন্ পদার্থের কি পরিমাণ উৎপন্ন হইবে ? (বোম্বাই ইঞ্জিনিয়ারিং, ১৯১৯)

[উত্তর : ১·০৮৮ গ্রাম সিলভার ; ·৩২ গ্রাম কপার]

12. Explain, in the light of ionic theory, the terms acid, base, salt. On what does the strength of an acid depend ? An aqueous solution of ferric chloride reacts acidic towards litmus, whereas a solution of sodium carbonate reacts basic ; explain.

১২। "অ্যাসিড, ক্ষার এবং লবণ" এই তিনটি কথা, ইলেক্‌ট্রনীয় বিয়োজনবাদের পরিপ্রেক্ষিতে ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। অ্যাসিডের শক্তি কিসের উপর নির্ভর করে ? একটি ফেরিক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ অ্যাসিডের মত বিক্রিয়া দেখায় এবং সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণ ক্ষারকীয় বিক্রিয়া দেখায় ; উক্ত দুই ক্ষেত্রে এই প্রকার ব্যবহারের ব্যাখ্যা দাও।

13. The same current was passed through solutions of copper sulphate, silver nitrate and dilute sulphuric acid for the same interval of time. If the volume of hydrogen liberated be 37·4 c.c. at 750 mm. pressure and 27°C., and the amount of silver and copper deposited on the respective cathodes be 0·3267 gm. and 0·0954 gm. respectively, calculate the equivalent weight of silver and copper. (C.U. 1956)

[Ans. Eq. wt. of Ag. = 108·03
" " Cu = 31·54]

১৩। একই তড়িৎপ্রবাহ একই সময় ধরিয়া কপার সালফেটের দ্রবণ, সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ এবং পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করা হইল। যদি ২৭° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭৫০ মিলিমিটার পারদের চাপে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন হয় ৩৭.৪ ঘন সেণ্টিমিটার এবং সেই সময়ে যদি অন্যান্য কোষের ক্যাথোডে ০.৩২৬৭ গ্রাম সিলভার এবং ০.০৯৫৪ গ্রাম কপার মুক্ত হয়, তাহা হইলে সিলভার ও কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। (কঃ বিঃ ১৯৫৬)

[উত্তর : সিলভারের তুল্যাঙ্কভার=১০৮.০৩
কপারের তুল্যাঙ্কভার=৩১.৫৪]

14. (*a*) State Faraday's Laws of Electrolysis and express them in the form a an equation.

(*b*) A current of 5 amperes is passed through a copper voltameter and a silver voltameter connected in series for 32 minutes and 10 seconds. Calculate the amount of copper and silver deposited. Given electro-chemical equivalent of Cu.=0·000325g. and of silver=0·001118 gm. (C.U. 1952)

[Ans. Cu. deposited=3·13625g.
Ag. .. =10·7887g]

১৪। (ক) "ফ্যারাডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সূত্র" উল্লেখ কর এবং সূত্রদ্বয়কে একটি সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর।

(খ) ৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ ৩২ মিনিট ১০ সেকেণ্ড ধরিয়া একটি কপার এবং একটি সিলভার ভোল্টামিটার পর পর সংযুক্ত করিয়া তাহাদের ভিতর দিয়া চালনা করা হইল। মুক্ত কপার এবং সিলভারের পরিমাণ নির্ণয় কর। দেওয়া আছে কপারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক=০.০০০৩২৫ গ্রাম এবং সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক=০.০০১১১৮ গ্রাম। (কঃ বিঃ ১৯৫২)

[উত্তর : মুক্ত কপারের পরিমাণ=৩.১৩৬২৫ গ্রাম
„ সিলভারের „ =১০.৭৮৮৭ গ্রাম]

15. A current of 0·6 ampere strength passing through a solution of silver nitrate solution for 8 minutes deposits 0·322 gm. of silver. Calculate the electro-chemical equivalent of silver. [Ans. 0·001118 gm.]

১৫। ০.৬ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ ৮ মিনিট ধরিয়া একটি সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে ০.৩২২ গ্রাম সিলভার মুক্ত হয়। সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

[উত্তর : ০.০০১১১৮]

16. A strong solution of copper sulphate is electrolysed with a current of 5 amperes for 2 minutes. The remaining solution is then diluted with an equal volume of water and then electrolysed with the same current and for the same length of time. Calculate the amount of copper deposited in two cases. (C. E. of Cu=31·8) [Ans. 1st case—·1985g
2nd case—The same as in 1st case]

১৬। একটি কপার সলফেটের গাঢ় দ্রবণকে ৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ ২ মিনিট ধরিয়া চালনা করিয়া তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করা হইল। অবশিষ্ট দ্রবণে সম-আয়তন জল মিশাইয়া একই সময় ধরিয়া একই

তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিয়া তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করা হইল। এই উভয় ক্ষেত্রে কি পরিমাণ কপার মুক্ত হইবে তাহা নির্ণয় কর। (কপারের তুল্যাঙ্কভার = ৩১·৮).

[উত্তর : প্রথম ক্ষেত্রে মুক্ত কপারের ওজন = ০·১৯৮৫ গ্রাম
দ্বিতীয় " " " " = "

17. Calculate the amount of silver deposited from a silver nitrate solution containing 340 gms. of $AgNO_3$ per litre by the passage of 32167 coulombs of electricity. [Ans. 36 grams.]

১৭। ৩২১৬৭ কুলম্ব পরিমাণ তড়িৎ একটি সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের (লিটারে ৩৪০ গ্রাম সিলভার নাইট্রেটযুক্ত) ভিতর দিয়া চালনা করিলে কি পরিমাণ সিলভার মুক্ত হয় তাহা নির্ণয় কর।

[উত্তর : ৩৬ গ্রাম]

18. Calculate the strength of the current which, when flowing through an electrolytic cell containing silver nitrate solution, causes a deposit of 3·22 gms. of silver in an hour. (E.C.E. of silver = 0·001118g.)

[Ans. 0·8 ampere]

১৮। একটি সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া একটি তড়িৎপ্রবাহ একঘণ্টা ধরিয়া চালনা করার ফলে ৩·২২ গ্রাম সিলভার ক্যাথোডে মুক্ত হয়; তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ নির্ণয় কর। (সিলভারের তড়িৎ-রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = ০·০০১১১৮ গ্রাম। [উত্তর : ০·৮ অ্যাম্পিয়ার]

19. A current of 1·5 amperes strength, when passed through a solution of a salt of a metal M, for half an hour, deposits 0·9196 gm. of the metal If the metal be divalent, calculate its atomic weight from the given data.

[Ans. 65·5]

১৯। একটি ১·৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ একটি ধাতুর (M) লবণের ভিতর দিয়া আধঘণ্টা ধরিয়া চালনা করার ফলে ধাতুটির ০·৯১৯৬ গ্রাম ক্যাথোডে মুক্ত হইল। যদি ধাতুটি দ্বিযোজী হয়, তবে আঙ্কিক সম্পর্ক হইতে ধাতুটির পারমাণবিক ওজন নির্ণয় কর। [উত্তর : ৬৫·৫]

20. What do you understand by "Electro-Chemical equivalent" of an element? How is it related to its chemical equivalent?

In a copper voltameter the weight of copper deposited in 12 minutes by the passage of a certain current is 1·75 gms. If the E.C.E. of hydrogen be 0·0000104g., and the C.E. of copper be 31·8, find the average current flowing through the voltameter. [Ans. 7·348 amperes]

২০। কোনও মৌলের "তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক" বলিতে কি বুঝ? রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সহিত ইহার সম্পর্ক কি প্রকার?

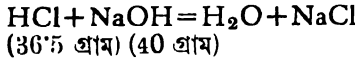
একটি কপার ভোল্টামিটারে অবস্থিত কপার সলফেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া একটি তড়িৎপ্রবাহ ১২ মিনিট ধরিয়া চালনা করার ফলে ১·৭৫ গ্রাম কপার মুক্ত হইল। যদি হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ০·০০০০১০৪ গ্রাম হয় এবং কপারের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ৩১·৮ হয় তবে ভোল্টা-মিটারের ভিতর দিয়া পরিচালিত তড়িৎপ্রবাহের পরিমাণ বাহির কর। [উত্তর : ৭·৩৪৮ অ্যাম্পিয়ার]

চতুঃত্রিংশ অধ্যায়

অ্যাসিডমিতি ও ক্ষারমিতি

(Acidimetry & Alkalimetry)

প্রশমন-ক্রিয়া (**Neutralisation**) :—অ্যাসিড এবং ক্ষার তাহাদের তুল্যাঙ্ক পরিমাণে মিশাইলে পরস্পর পরস্পরকে প্রশমিত করিয়া জল এবং লবণ উৎপন্ন করে।

$$HCl + NaOH = H_2O + NaCl$$
(36·5 গ্রাম) (40 গ্রাম)

যে প্রক্রিয়ায় অ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-এর সহিত ক্ষারের OH^- মূলক অথবা ক্ষারকের অক্সিজেনের পূর্ণ রাসায়নিক সংযোগে জল এবং লবণের উৎপত্তি হয় তাহাকে **প্রশমন-ক্রিয়া** বলে। তড়িৎ-বিয়োজনবাদ অনুসারে অ্যাসিডের দ্রবণে বর্তমান হাইড্রোজেন আয়নের সহিত ক্ষারের দ্রবণে বর্তমান হাইড্রক্সিল আয়নের রাসায়নিক সংযোগে তড়িৎ বিয়োজনে অসমর্থ জলের অবিভক্ত অণুর উৎপত্তিকে **প্রশমন** বলা হয়। $H^+ + OH^- = H_2O.$

উপরের সমীকরণ হইতে জানা যায় যে 36·5 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড প্রশমিত করিতে 40 গ্রাম সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড প্রয়োজন হয়। এখন যদি এমন একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত করা হয় যাহার 1 লিটারে বা 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 18·25 গ্রাম হাইড্রোজেন ক্লোরাইড থাকে, তবে তাহার 25 ঘন সেন্টিমিটার লইয়া তাহাতে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ যোগ করিলে যদি সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের 40 ঘন সেন্টিমিটার প্রশমন-প্রক্রিয়ায় প্রয়োজন হয়, তবে বুঝিতে হইবে যে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডের দ্রবণের 1 লিটারে বা 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 12·5 গ্রাম কষ্টিক সোডা আছে। এইভাবে দ্রবণে ক্ষার বা অ্যাসিড যে-কোন একটির পরিমাণ জানা থাকিলে, প্রশমন-ক্রিয়ার সাহায্যে অপরটির পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

অনুমাপন বা **টাইট্রেশন** (**Titration**) :—যে প্রণালী অনুসরণ করিয়া অ্যাসিড বা ক্ষারের অজ্ঞাত মাত্রার দ্রবণের মাত্রা **প্রমাণ দ্রবণের ক্ষার** বা

অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার দ্বারা প্রশমন ঘটাইয়া স্থির করা হয় সেই প্রণালীকে **অনুমাপন** বা **টাইট্রেশন** বলে।

প্রমাণ দ্রবণ (Standard Solution):—যে দ্রবণের মাত্রা অর্থাৎ নির্দিষ্ট আয়তনের যে দ্রবণে অ্যাসিড, ক্ষার বা লবণের তৌলিক পরিমাণ জানা থাকে তাহাকে **প্রমাণ দ্রবণ** বলা হয়। 5% কষ্টিক সোডার দ্রবণ বলিলে কষ্টিক সোডার একটি প্রমাণ দ্রবণকে বুঝায়। অ্যাসিড বা ক্ষারের প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে যে-কোনও ক্ষার বা অ্যাসিডের অজ্ঞাত মাত্রা (unknown strength) নির্ণয় করা হয়। এই মাত্রা নির্ণয়ের জন্য প্রশমন-ক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয় এবং **প্রশমন-ক্ষণ** (neutralisation point) নির্ণয় করিবার জন্য **সূচক** বা **নির্দেশক** (Indicator) ব্যবহার করা হয়। **নির্দেশক** (Indicator): আয়তনিক বিশ্লেষণে (Volumetric Analysis) যে পদার্থ দ্রবণের রঙের পরিবর্তন ঘটাইয়া প্রশমন-ক্রিয়ার সঠিক সময়টি নির্দেশ করে তাহাকে **সূচক** বা নির্দেশক বলা হয়। যে সকল পদার্থের রং অ্যাসিডের সংস্পর্শে এক প্রকার হয় এবং ক্ষারের সংস্পর্শে আর একরকম হয়, আবার অ্যাসিড ও ক্ষারের প্রশমনে উৎপন্ন লবণের সংস্পর্শে অন্য একপ্রকার হয় তাহাকেই নির্দেশক বলিয়া গণ্য করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, লিটমাস দ্রবণ অ্যাসিডের সংস্পর্শে লাল হয়, ক্ষারের সংস্পর্শে নীল হয় এবং শমিত লবণের সংস্পর্শে বেগুণী হয়।

নির্দেশক সাধারণতঃ দুর্বল (weak) জৈব (organic) অ্যাসিড। ইহারা প্রশমন-ক্রিয়ায় কোন অংশ গ্রহণ করে না।

নিম্নে কয়েকটি নির্দেশকের নাম ও বিভিন্ন জাতীয় দ্রবণে তাহাদের রঙের পরিবর্তন উল্লিখিত হইল।

নির্দেশক	বর্ণ প্রশম দ্রবণে	বর্ণ অ্যাসিড দ্রবণে	বর্ণ ক্ষার দ্রবণে
১। লিটমাস (Litmus)	বেগুনী	লাল	নীল
২। মিথাইল অরেঞ্জ (Methyl orange)	কমলা	লাল	হলুদ
৩। ফিনল্‌থ্যালিন (Phenolphthalein)	বর্ণহীন	বর্ণহীন	লাল

যে সমস্ত বিক্রিয়ায় কার্বন ডাই-অক্সাইড নির্গত হয়, সেরূপ ক্ষেত্রে লিটমাস নির্দেশক হিসাবে ব্যবহার করা যায় না। সেখানে মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকরূপে ব্যবহার করা যায়। আবার যে সমস্ত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় সে সকল স্থলে ফিনলথ্যালিন ব্যবহার করা যায় না।

টাইট্রেশনের সময় প্রশমন-মুহূর্ত নির্ণয় করিতে অ্যাসিড ও ক্ষারের তীব্রতা বা মৃদুতা অনুযায়ী নির্দেশক ব্যবহার করিতে হয়। তীব্র অ্যাসিড এবং তীব্র ক্ষারের টাইট্রেশনের সময় যে-কোন নির্দেশকই ব্যবহার করা যায়। কিন্তু দুর্বল অ্যাসিড ও দুর্বল ক্ষারের টাইট্রেশনের সময় কোন নির্দেশকই কাজে আসে না। অ্যাসিড বা ক্ষারের কোন একটি দুর্বল হইলে নিম্নের তালিকা অনুসারে নির্দেশক ঠিক করিয়া লওয়া হয়।

প্রশমন ক্রিয়া	নির্দেশক
১। তীব্র অ্যাসিড-তীব্র ক্ষার	যে-কোন নির্দেশক
২। তীব্র অ্যাসিড-দুর্বল ক্ষার	মিথাইল অরেঞ্জ
৩। দুর্বল অ্যাসিড-তীব্র ক্ষাব	ফিনলথ্যালিন
৪। দুর্বল অ্যাসিড-দুর্বল ক্ষার	কোন নির্দেশক কাজে আসে না, তাই এই প্রকার টাইট্রেশন না করাই বাঞ্ছনীয়।

দ্রষ্টব্য। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে HCl, HNO_3, H_2SO_4 ইত্যাদি তীব্র অ্যাসিড; জৈব অ্যাসিডসমূহ, যথা অ্যাসিটিক (CH_3COOH); টারটারিক [CH (OH) COOH.CH (OH) COOH] প্রভৃতি দুর্বল অ্যাসিড। NH_4OH একটি দুর্বল ক্ষার; কষ্টিক সোডা (NaOH), কষ্টিক পটাস (KOH) ইহারা তীব্র ক্ষার।

অ্যাসিডমিতি ও ক্ষারমিতিঃ—যে পদ্ধতিতে নানা শক্তির বা মাত্রার ক্ষার-দ্রবণের সাহায্যে অ্যাসিডের অজানা মাত্রা নির্ণয় করা হয় তাহাকে **ক্ষারমিতি** বলে। এই পদ্ধতিতে জানা শক্তির ক্ষারের সঙ্গে সূচকের সাহায্যে অ্যাসিডেব সহিত

বিক্রিয়া করিয়া প্রশম দ্রবণ উৎপন্ন করা হয় এবং এই প্রশমনে ব্যবহৃত উভয়ের আয়তনিক পরিমাণ হইতে অ্যাসিডের মাত্রা নির্ধারণ করা হয়।

অনুরূপভাবে, অম্লদ্রবণের শক্তি জানা থাকিলে উক্তপ্রকার প্রশমন-ক্রিয়ার সাহায্যে ক্ষার দ্রবণের শক্তি নির্ণয়ের পদ্ধতিকে **অ্যাসিডমিতি** বলে। আয়তনিক বিশ্লেষণের (Volumetric analysis) সুবিধা এই যে (*i*) প্রত্যেক ক্ষেত্রে ওজন কবিবার প্রয়োজন না হওয়ার সময় সংক্ষেপ করা যায় এবং (*ii*) সামান্য পরিমাণ পদার্থ লইয়াও কাজ করা যায়, যাহা ওজন করিয়া লওয়া সম্ভব নয়।

তুল্যাঙ্কভার ঃ—মৌলের তুল্যাঙ্কভার পূর্বেই আলোচিত হইয়াছে (পৃঃ ২)। যৌগের তুল্যাঙ্কভার বলিতে উহার সেই পরিমাণকে বুঝায় যাহাতে ১ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন অথবা অন্য কোন বিক্রিয়াশীল মৌলের এক তুল্যাঙ্কভার বর্তমান থাকে। এই স্থানে অ্যাসিডের ও ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার সম্বন্ধে আলোচনা করা হইতেছে :

অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার ঃ—অ্যাসিডের ক্ষেত্রে বিক্রিয়াশীল মৌল হইল হাইড্রোজেন; তাই অ্যাসিডের তৌলিক যতভাগ পরিমাণে একভাগ পরিমাণ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, সেই পরিমাণের সংখ্যাকে **অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার** (equivalent weight of an acid) বলে। সুতরাং, কোন অ্যাসিডের আণবিক ওজনকে তাহার প্রতি অণুতে বর্তমান প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের পরমাণুসংখ্যা দ্বারা ভাগ করিলেই তাহার তুল্যাঙ্কভার পাওয়া যাইবে। আবার অ্যাসিডের গ্রাম-অণুতে যত গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকিবে তাহার প্রকাশক সংখ্যাদ্বারা অ্যাসিডের গ্রাম-অণুকে ভাগ করিলে অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (Gram-equivalent) পাওয়া যাইবে। যথা,

36·5 ভাগ ওজনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসে এক ভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পাওয়া যায়।

∴ হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার = 36·5 এবং হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাসের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 36·5 গ্রাম।

আবার সলফিউরিক অ্যাসিডের 98 ভাগ ওজনে 2 ভাগ ওজন প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন আছে।

∴ সলফিউরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার $= \frac{98}{2} = 49$, এবং সলফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $= 49$ গ্রাম।

নিম্নের তালিকায় কয়েকটি অ্যাসিডের তুল্যাঙ্কভার দেখানো হইল :—

অ্যাসিড	আণবিক ওজন	অণুতে প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা	তুল্যাঙ্কভার
১। হাইড্রোক্লোরিক (HCl)	36·5	1	36·5
২। নাইট্রিক (HNO_3)	63	1	63
৩। সলফিউরিক (H_2SO_4)	98	2	49
৪। অক্সালিক $\left(\begin{matrix} COOH, \\ \mid \quad 2H_2O \\ COOH \end{matrix}\right)$	126	2	63
৫। ফসফোরিক (H_3PO_4)	98	3	32·67

ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার :—ক্ষারের যতভাগ ওজনে একটি বিক্রিয়াশীল হাইড্রক্সিল-মূলক [(OH) মূলক, 17 ভাগ ওজন] থাকে সেই ওজন-প্রকাশক সংখ্যাকে **ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার** (Equivalent weight of an alkali) বলে। ক্ষারের এই তুল্যাঙ্কভারই যে-কোন অ্যাসিডের এক তুল্যাঙ্কভারকে প্রশমিত করিতে পারে। ক্ষারের এই তুল্যাঙ্কভারকে গ্রামে প্রকাশিত করিলে তাহাকে উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (Gram-equivalent) বলে। তাই বলা যায় যে, ক্ষারের গ্রামে প্রকাশিত যে ওজন এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক অ্যাসিডকে প্রশমিত করে অর্থাৎ এক গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করে তাহাকেই ক্ষারের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

লবণের তুল্যাঙ্কভার :—লবণের তুল্যাঙ্কভার বলিতে যৌগের তুল্যাঙ্কভার বুঝায় এবং লবণের যত ভাগ ওজনে এক তুল্যাঙ্কভার বিক্রিয়াশীল মৌল বর্তমান থাকে তাহাকেই উহার তুল্যাঙ্কভার (Equivalent wt. of a salt) বলে। আবার, লবণের এই তুল্যাঙ্কভারকে গ্রামে প্রকাশিত করিলে উক্ত ওজনকে লবণের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (Gram-equivalent) বলে।

নিম্নের তালিকায় কয়েকটি ক্ষারের তুল্যাঙ্কভার দেখানো হইল :—

ক্ষার বা ক্ষারক	আণবিক ওজন	অণুতে বর্তমান হাইড্রক্সিল-মূলকের সংখ্যা	তুল্যাঙ্কভার
১। কষ্টিক সোডা (NaOH)	40	1	40
২। কষ্টিক পটাশ (KOH)	56	1	56
৩। অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড (NH_4OH)	17	1	17
৪। ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ca(OH)_2$]	74	2	37
৫। বেরিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Ba(OH)_2$]	171·46	2	85·68
৬। অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_3$]	78	3	26
৭। ফেরিক হাইড্রক্সাইড [$Fe(OH)_3$]	107	3	35·67

নিম্নে কয়েকটি লবণের তুল্যাঙ্কভার দেখানো হইল :—

লবণ	আণবিক ওজন	বিক্রিয়াশীল মৌলের তুল্যাঙ্ক-ভাগের সংখ্যা	তুল্যাঙ্কভার
১। সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)	106	2	53
২। সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$)	170	1	170
৩। ক্যালসিয়াম কার্বনেট ($CaCO_3$)	100	2	50
৪। কপার সলফেট ($CuSO_4, 5H_2O$)	249·5	2	124·7
৫। ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3, 6H_2O$)	270·5	3	90·17

দ্রষ্টব্য। কপার সলফেট বা ফেরিক ক্লোরাইডের পরিমাণ যখন অ্যাসিডমিতি বা ক্ষারমিতির সাহায্যে নির্ণয় করা হয় তখনই কেবল উহাদের তুল্যাঙ্কভার যাহা উপরের তালিকায় প্রদর্শিত হইল তাহাই হয়। কিন্তু উহাদের পরিমাণ নির্ণয় করিবার পদ্ধতি অন্য এবং সেখানে বিক্রিয়াশীল মৌলের যোজ্যতার পরিবর্তন হইতে উহাদের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা হয়। যেমন কপার সলফেটে বর্তমান কপারের যোজ্যতা 2 হইতে 1এ পরিবর্তন করিয়া এবং ফেরিক ক্লোরাইডে বর্তমান আয়রণের যোজ্যতা 3 হইতে 2এ পরিবর্তিত করিয়া উহাদের পরিমাণ **জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়ায়** স্থিরীকৃত হয়। তাই সেই সেই স্থলে কপার সলফেটের তুল্যাঙ্কভার 249·5 এবং ফেরিক ক্লোরাইডের তুল্যাঙ্কভার 270·5।

অ্যাসিডের ও ক্ষারের দ্রবণের শক্তি (Strength) প্রকাশের বিভিন্ন পদ্ধতি :

আণবিক দ্রবণ (Molar solution):—কোনও পদার্থের দ্রবণের প্রতি লিটারে (1000 ঘন সেন্টিমিটারে) উক্ত পদার্থের এক গ্রাম-অণু পরিমাণ (1 gram molecule) দ্রবীভূত থাকিলে উক্ত দ্রবণকে দ্রবীভূত পদার্থের আণবিক দ্রবণ (Molar solution) বলা হয়। যেমন, সলফিউরিক অ্যাসিডের গ্রাম-আণবিক ওজন হইল 98 গ্রাম ; তাই 1 লিটার সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণে যখন 98 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড দ্রবীভূত থাকে তখন উক্ত দ্রবণকে সলফিউরিক অ্যাসিডের আণবিক দ্রবণ বলা হয়।

নরম্যাল দ্রবণ (Normal solution):—যে দ্রবণের এক লিটারে দ্রাবের এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে তাহাকে **তুল্য দ্রবণ** বা **নরম্যাল দ্রবণ** বলে। উহাকে N-দ্রবণ বলিয়া উল্লেখ করা হয়। HCl, H_2SO_4, Na_2CO_3, NaOH প্রভৃতির N-দ্রবণ বলিতে উক্ত পদার্থগুলির এমন দ্রবণকে বুঝায় যাহার 1 লিটারে যথাক্রমে 36·5 গ্রাম HCl, 49 গ্রাম H_2SO_4, 53 গ্রাম Na_2CO_3 অথবা 40 গ্রাম NaOH থাকে। এখন N-এর পূর্বে কোন সংখ্যা বসাইলে বুঝিতে হইবে যে নরম্যাল দ্রবণে যত ওজনের পদার্থ থাকে তাহার ততগুণ ওজনের পদার্থ দ্রবণের 1 লিটারে বর্তমান আছে। যেমন 0·5(N) Na_2CO_3 দ্রবণ বলিলে বুঝাইবে যে উক্ত দ্রবণের 1 লিটারে $0·5 \times 53$ গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট বর্তমান আছে। উক্ত সংখ্যা মাত্রাপ্রকাশক N-এর **গুণক** (multiplying factor)।

নরম্যাল দ্রবণের মাত্রার নানা গুণিতক ও ভগ্নাংশ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। নিম্নের তালিকায় কয়েকটি পদার্থের দ্রবণের মাত্রা যেভাবে প্রকাশিত হইয়া থাকে তাহা দেখানো হইল :—

পদার্থের নাম	তুল্যাঙ্কভার	1 লিটারে পদার্থের পরিমাণ	তুল্যাঙ্ক মাত্রা	
			নাম	সংকেত
সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)	53	53 গ্রাম	নরম্যাল দ্রবণ (Normal solution)	N
"	"	2 × 53 গ্রাম	দ্বিগুণ নরম্যাল দ্রবণ (Twice Normal Solution)	(2N)
"	53	$\frac{1}{10}$ × 53 বা 5·3 গ্রাম	এক-দশমাংশ নরম্যাল দ্রবণ (Deci-Normal solution)	$\frac{N}{10}$
সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3)	53	$\frac{1}{100}$ × 53 বা 0·53 গ্রাম	এক-শতাংশ নরম্যাল দ্রবণ (Centi-Normal solution)	$\frac{N}{100}$
সলফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4)	49	49 গ্রাম	নরম্যাল দ্রবণ	N
"	49	2 × 49 গ্রাম	দ্বিগুণ নরম্যাল দ্রবণ (Twice Normal solution)	(2N)
"	49	$\frac{1}{2}$ × 49 বা 24·5 গ্রাম	এক-দ্বিতীয়াংশ নরম্যাল দ্রবণ (Semi Normal solution)	$\frac{N}{2}$
"	49	$\frac{1}{10}$ × 49 বা 4·9 গ্রাম	এক-দশমাংশ নরম্যাল দ্রবণ (Deci-Normal solution)	$\frac{N}{10}$
"	"	$\frac{1}{1000}$ × 49 বা 0·049 গ্রাম	এক-সহস্রাংশ নরম্যাল দ্রবণ (Milli-Normal solution)	$\frac{N}{1000}$

উপরের তালিকায় দেখা যায় যে যখন দ্রবণের এক লিটারে দ্রাবের এক গ্রাম তুল্যাঙ্কের পরিবর্তে তাহার কোন ভগ্নাংশ পরিমাণ দ্রবীভূত থাকে, তখন এই সমস্ত দ্রবণের বিভিন্ন নাম দেওয়া হইয়া থাকে।

গ্রাম-মাত্রায় দ্রবণের শক্তি (Strength of solution in grams per litre) :—দ্রবণের এক লিটারে কত গ্রাম পদার্থ দ্রবীভূত আছে তাহাই প্রকাশ করার জন্য গ্রাম-মাত্রায় দ্রবণের শক্তি উল্লিখিত হইয়া থাকে। সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের এক লিটারে 53 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট দ্রবীভূত থাকিলে তাহাকে সোডিয়াম কার্বনেটের নরম্যাল দ্রবণ বলা হয়। গ্রাম-মাত্রায় ইহার শক্তি প্রকাশ করিতে "প্রতি লিটারে 53 গ্রাম" সোডিয়াম কার্বনেট আছে বলিয়া উল্লেখ করা হয়। এখন, যদি একটি সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের শক্তি 1·5 (N) হয়, তবে তাহার গ্রাম-মাত্রায় শক্তি হইবে প্রতিলিটারে $1{\cdot}5 \times 53$ গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট।

তাই, **গ্রাম-মাত্রা = তুল্যমাত্রার গুণক × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক—**

শতকরা হিসাবে দ্রবণের শক্তি (Percentage strength) :—দ্রবণের শক্তি শতকরা হিসাবে প্রকাশ করিলে বুঝা যায় যে সেই দ্রবণের 100 ঘন সেন্টিমিটারে কত গ্রাম পদার্থ দ্রবীভূত আছে। সোডিয়াম কার্বনেটের শতকরা 5 ভাগ দ্রবণ (5% দ্রবণ) বলিলে বুঝা যায় যে উক্ত দ্রবণের 100 ঘন সেন্টিমিটারে 5 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট বর্তমান আছে। তাহা হইলে উহার 1000 ঘন সেন্টিমিটার বা এক লিটারে 50 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট থাকিবে। তাই উহার তুল্য-মাত্রা প্রকাশ করা হয় $\frac{50}{53}$ (N) বলিয়া।

এখন আমরা জানি যে, 1000 ঘন সেন্টিমিটার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণে $\frac{36{\cdot}5}{10}$ গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস থাকে। আবার 100 ঘন সেন্টিমিটার (N) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণে $\frac{36{\cdot}5}{10}$ গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস দ্রবীভূত থাকে। অতএব,

1000 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণ = 100 ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl দ্রবণ

অথবা, 10 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণ = 1 ঘন সেন্টিমিটার (N)HCl দ্রবণ ;

এক্ষণে $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণকে 0·1 (N) HCl দ্রবণ বলিয়া উল্লেখ করা যায়।

সুতরাং, 10 ঘন সেন্টিমিটার 0.1 (N) HCl দ্রবণ $\equiv 10\times 0.1$ ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl দ্রবণ

$\equiv 1$ ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl দ্রবণ

এইভাবে সর্বদাই দেখানো যাইতে পারে,

10 ঘন সেন্টিমিটার x(N) HCl দ্রবণ $\equiv (10\times x)$ ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl দ্রবণ।

অথবা y **ঘন সেন্টিমিটার x (N) HCl দ্রবণ** $\equiv (x\times y)$ **ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl দ্রবণ।**

মুখ্য প্রামাণিক দ্রবণ :—(Primary Standard Solution)—যে পদার্থ কঠিন অবস্থায় বিশুদ্ধ এবং বিশুষ্কভাবে পাওয়া যায় তাহার নির্দিষ্ট পরিমাণ রাসায়নিক তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া লইয়া যখন তাহা পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া নির্দিষ্ট আয়তনের দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়, তখন উক্ত কঠিন পদার্থের প্রামাণিক দ্রবণ পাওয়া যায়। এইরূপে প্রত্যক্ষ ওজন (actual weighing) দ্বারা দ্রাবের পরিমাণ স্থির করিয়া লইয়া তাহা হইতে জানা আয়তনের দ্রবণ প্রস্তুত করিলে সেই দ্রবণকে **মুখ্য প্রামাণিক দ্রবণ** বলে। উদাহরণ, নিরুদক সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) বিশুদ্ধ ও বিশুষ্ক অবস্থায় পাওয়া যায়, এবং তাহার প্রত্যক্ষ ওজন দ্বারা নির্দিষ্ট পরিমাণ লইয়া প্রামাণিক দ্রবণ প্রস্তুত করা সম্ভব। সেইরূপ অক্সালিক অ্যাসিডও (COOH. COOH, $2H_2O$) বিশুদ্ধ ও শুষ্ক (স্ফটিক-জল ছাড়া অন্য জলদ্বারা সংস্পর্শিত নয়) অবস্থায় পাওয়া যায় এবং তাই ইহারও প্রত্যক্ষ ওজন হইতে প্রামাণিক দ্রবণ প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

গৌণ প্রামাণিক দ্রবণ (Secondary Standard Solution)—যে সকল পদার্থ বিশুদ্ধ এবং জলশূন্য অবস্থায় পাওয়া যায় না, তাহাদের প্রত্যক্ষভাবে রাসায়নিক তৌলদণ্ডে ওজন করিয়া লইয়া সঠিক শক্তির প্রামাণিক দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় না। যেমন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস জলমুক্ত অবস্থায় মাপিয়া লওয়া সম্ভব নয় এবং ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড একটি জলাকর্ষী তরল পদার্থ, তাই ওজন করিয়া সঠিক ওজনের সলফিউরিক অ্যাসিড লওয়া সম্ভব নয়। তাই ইহাদের প্রামাণিক দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে প্রথমে ইহাদের এমন একটি দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়, যাহার শক্তি মোটামুটিভাবে জানা থাকে, কিন্তু সঠিকভাবে বলা যায় না। তাহার পর মুখ্য প্রামাণিক দ্রবণের সাহায্যে অনুমাপন-ক্রিয়া (titration) প্রয়োগ

করিয়া পরোক্ষভাবে এই সকল দ্রবণের শক্তি নির্ভুলভাবে নির্ণয় করা হয়। এই প্রকারের দ্রবণকে গৌণ প্রামাণিক দ্রবণ বলা হয়।

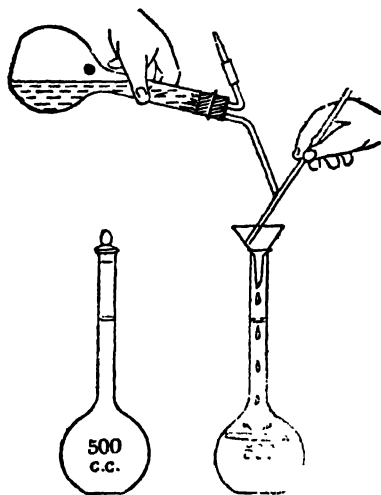
সোডিয়াম কার্বনেটের প্রামাণিক দ্রবণ প্রস্তুতকরণ : (Preparation of a standard solution of Sodium Carbonate) :—মনে করা যাউক যে, সোডিয়াম কার্বনেটের $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইবে। সোডিয়াম কার্বনেটের $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণের 1 লিটারে $\frac{53}{10}$ গ্রাম বা 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট থাকিবে

সোডিয়াম কার্বনেটের $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণের অর্দ্ধ লিটার বা 500 ঘন-সেণ্টিমিটার প্রস্তুত-প্রণালী :—একটি প্লাটিনাম নির্মিত অভাবে পোর্সিলেন নির্মিত খর্পরে কিছু পরিমাণ বিশুদ্ধ সোডিয়াম বাই-কার্বনেট লইয়া অতি সাবধানে একটি কাচদণ্ড দিয়া নাড়িয়া নাড়িয়া না গলাইয়া উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে 15 মিনিট ধরিয়া উত্তাপ প্রয়োগ করার পর খর্পরটিকে একটি শোষকাধারে রাখিয়া শীতল করা হয়। পরে একটি রাসায়নিক তৌলদণ্ডে উহাকে ওজন করা হয়। এইভাবে উত্তপ্ত করা, শোষকাধারে শীতল করা এবং ওজন লওয়া বার বার করিয়া উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেটসহ খর্পরের ওজন স্থিরাঙ্কে আনা হয়। তখন সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পুরাপুরিভাবে বিশুদ্ধ এবং বিশুষ্ক সোডিয়াম কার্বনেটে পরিবর্তিত হয়।

চিত্র নং—৯
ওজন করিবার বোতল

$$2NaHCO_3 = Na_2CO_3 + H_2O + CO_2.$$

এই সোডিয়াম কার্বনেটের কিছু পরিমাণ একটি ওজন করিবার বোতলে লইয়া বোতল সমেত সোডিয়াম কার্বনেটের ওজন রাসায়নিক তৌলদণ্ডের সাহায্যে স্থির করা হয়। তাহার পর উহা হইতে প্রায় 2·56 গ্রাম আন্দাজ করিয়া একটি বীকারে ঢালিয়া লইয়া পুনরায় অবশিষ্ট সোডিয়াম কার্বনেট সমেত ওজন করিবার বোতলের ওজন পূর্বে ব্যবহৃত তৌলদণ্ডের সাহায্যে স্থির করা হয়। দুই ওজনের পার্থক্যই হইল গৃহীত সোডিয়াম কার্বনেটের ওজন। বীকারে পাতিত জল যোগ করিয়া সোডিয়াম

কার্বনেটকে দ্রবীভূত করা হয়। এই দ্রবণকে একটি 500 ঘন-সেন্টিমিটার পরিমাপক ফ্লাস্কে (Measuring flask) ফানেলের ভিতর দিয়া কাচদণ্ডের সাহায্যে ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং সেই ভাবে বীকারটি কয়েক বার পাতিত জল দিয়া ধুইয়া পরিমাপক ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। তাহার পর ধৌত বোতল হইতে কাচদণ্ডের সাহায্যে ফানেলের ভিতর পাতিত জল ঢালিয়া ফ্লাস্কের প্রায় উপরের নলের মুখ পর্যন্ত জল ভর্তি করা হয়। পরে ফানেলটি তুলিয়া ধরিয়া তাহার নলটি ধৌত বোতল হইতে জল ফুঁ দিয়া চালনা করিয়া ধুইয়া ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। পরে ফানেলটি তুলিয়া লইয়া ধৌত বোতলের সাহায্যে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল ফ্লাস্কে যোগ করিয়া ফ্লাস্কের গলার দাগ পর্যন্ত জলের তল আনা হয়। এইবার ফ্লাস্কের গলার দাগ এবং জলের তল একই স্থানে আছে কিনা তাহা চোখের সহিত এক রেখায় আনিয়া দেখা হয়। পরে ফ্লাস্কের মুখে ছিপি বন্ধ করিয়া ফ্লাস্কটি বেশ করিয়া ঝাঁকাইয়া দ্রবণটিকে সমসত্ত্ব (homogeneous) করা হয়। এই দ্রবণের শক্তি প্রায় $\frac{N}{10}$; ইহার প্রকৃত শক্তি নিম্নলিখিত উপায়ে বাহির করা হয়। ধরা যাউক যে সোডিয়াম কার্বনেটের প্রকৃত ওজন হইল 2·6837 গ্রাম এবং এই ওজনের সোডিয়াম কার্বনেট লইয়া যে দ্রবণ প্রস্তুত করা হইয়াছে তাহার 1 লিটারে থাকিবে 2×2·6837 গ্রাম। এখন, দ্রবণের 1 লিটারে 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট থাকিলে তাহা $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ হয়। অতএব, দ্রবণে 5·3574 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট থাকিলে তাহার শক্তি হইল $\frac{5 \cdot 3674}{5 \cdot 3}\left(\frac{N}{10}\right)$ অথবা 1·0127 $\left(\frac{N}{10}\right)$। এই

চিত্র নং—10

1·0127 সংখ্যাকে $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণের **গুণক** (factor) বলিয়া উল্লেখ করা হয়। এই দ্রবণের 1 ঘন সেন্টিমিটার = 1·0127 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ। যখন কোন দ্রবণের শক্তির গুণক দেওয়া থাকে তখন দ্রবণের শক্তি (N)এর হিসাবে লেখাই সমীচীন। যেমন 1·0127 $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ = 0·10127 (N) দ্রবণ। অতএব 1·0127 $\left(\frac{N}{10}\right)$ সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের 50 ঘন সেন্টিমিটার = $\frac{50 \times 1·0127}{10}$ ঘন সেন্টিমিটার (N) সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ = 5·0635 ঘন সেন্টিমিটার (N) সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ।

মনে রাখিতে হইবে প্রামাণিক দ্রবণের শক্তি তুল্যাঙ্কে প্রকাশ করিলে তাহার

$$\text{গুণক} = \frac{\text{প্রকৃত ওজন যাহা লওয়া হয়}}{\text{যে ওজন লওয়া প্রয়োজন}}।$$

দ্রষ্টব্য :—(i) অনেক সময় যে পদার্থটুকু ওজন করিয়া লওয়া হয় তাহাকে পরিমাপক ফ্লাস্কের মুখে লাগানো ফানেলের উপরেই ওজন করিবার বোতল হইতে ঢালিয়া লইয়া ধৌত বোতল হইতে পাতিত জল দিয়া গলাইয়া ফ্লাস্কে সঙ্গে সঙ্গে যোগ করা হয়। কিন্তু সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ প্রস্তুত করিতে গেলে সামান্য জলের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট একটি অতি শক্ত কঠিন পদার্থে পরিণত হয় এবং তখন তাহাকে দ্রবীভূত করা বেশ কঠিন হয়। তাই বীকারে লইয়া উহাকে অনেকখানি পাতিত জলে দ্রবীভূত করিয়া ফ্লাস্কে যোগ করা হয়।

(ii) সঠিকভাবে 5·3 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট ওজন করিয়া লওয়া অসম্ভব না হইলেও খুব কঠিন এবং সময়-সাপেক্ষ, তাই সঠিক ওজনের জন্য চেষ্টা না করিয়া উক্ত ওজনের কাছাকাছি ওজনের পদার্থ আন্দাজ করিয়া ঢালিয়া লইয়া সঠিকভাবে উক্ত গৃহীত ওজন স্থির করা হয়।

(iii) কোনও পদার্থ ওজন করিয়া লইবার সময় দুই বারে তিন বারে ঢালিয়া ঢালিয়া ওজন করা মোটেই উচিত নয়, কারণ তাহাতে নানা কারণে সঠিক ওজন হইয়া উঠে না। তাই যে পরিমাণ দ্রব্য লইতে হইবে তাহা একেবারেই ঢালিয়া লওয়া হয় এবং সঠিকভাবে তাহার ওজন লওয়া হয়।

সলফিউরিক অ্যাসিডের $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুত-প্রণালী :—সলফিউরিক অ্যাসিড 100% বিশুদ্ধ পাওয়া যায় না; বিশুদ্ধ ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড বলিয়া যাহা পাওয়া যায় তাহাতে 98% সলফিউরিক অ্যাসিড এবং 2% জল থাকে।

আর ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড একটি জলাকর্ষী তরল পদার্থ। এই দুই কারণে সঠিক ওজন করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড লওয়া যায় না। তাই নিম্নলিখিত উপায়ে মোটামুটি ভাবে যে ওজনের সলফিউরিক অ্যাসিড $\left(\frac{N}{10}\right)$ সলফিউরিক অ্যাসিডের 1 লিটার প্রস্তুত করিতে প্রয়োজন তাহা লওয়া হয়।

সলফিউরিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক ভার হইল $\frac{98}{2}=49$; সুতরাং 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত করিতে 4·9 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড প্রয়োজন হয়। এখন ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড যাহা বাজারে কেনা হয় তাহার বোতলের গায়ে উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব লেখা থাকে এবং তাহা হইতে উহাতে শতকরা কত ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিড আছে তাহা লুঙ্গের টেবল (Lunge's Table) হইতে জানা যায়। ধরা যাউক, যে সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হইবে তাহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·841 এবং উহাতে লুঙ্গের টেবল হইতে দেখা যায় যে শতকরা 96·38 ভাগ বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড (H_2SO_4) আছে।

এখানে 1 ঘন সেন্টিমিটার সলফিউরিক অ্যাসিডের ওজন হইল 1·841 গ্রাম। এই 1 ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিডে বিশুদ্ধ H_2SO_4 এর পরিমাণ হইবে $\frac{1{\cdot}841\times 96{\cdot}38}{100}$ গ্রাম=1·7748 গ্রাম অতএব 4·9 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 লইতে হইলে উক্ত নমুনার ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডের $\frac{4{\cdot}9}{1{\cdot}7748}$ ঘন সেন্টিমিটার অথবা 2·76 ঘন সেন্টিমিটার লইতে হইবে।

সুতরাং পরিমাপক পিপেটের (Measuring pipette) দ্বারা মাপিয়া 2·8 ঘন-সেন্টিমিটার নমুনার ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড লওয়া হয়। একটি 1 লিটার পরিমাপক ফ্লাস্কের অর্ধেক পাতিত জলভর্তি করিয়া উক্ত জলের ভিতর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া পিপেট হইতে উক্ত সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। পরে বেশ করিয়া ফ্লাস্কটি ঝাঁকাইয়া পাতিত জল ধৌত বোতল হইতে যোগ করিয়া প্রায় ফ্লাস্কের গলায় অবস্থিত দাগ পর্যন্ত আনা হয়। পরে ধৌত বোতল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল ফ্লাস্কে যোগ করিয়া জলের বাঁকা তলের (meniscus) নিম্নতম প্রান্ত ফ্লাস্কের দাগের সহিত একরেখায় আনা হয়। পরে ছিপি বন্ধ করিয়া ঝাঁকাইয়া দ্রবণটিকে সমসত্ত্ব করা হয়। এইভাবে প্রস্তুত করা সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণটি

মোটামুটি $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4 এর হইবে। ঠিক এইভাবেই মোটামুটি $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl এর দ্রবণ এবং $\left(\frac{N}{10}\right)$ HNO_3 এর দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

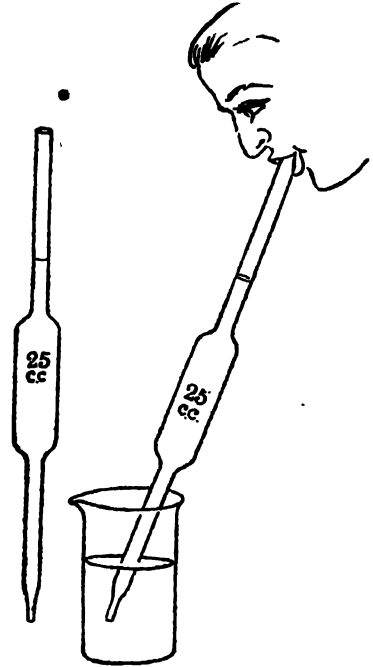
দ্রষ্টব্য :—জলে অ্যাসিড যোগ করিয়া প্রত্যেক ক্ষেত্রেই অ্যাসিডের প্রমাণ দ্রবণ তৈয়ারী করা হয়। ইহার কারণ জলের সহিত অ্যাসিড মিশাইলে তাপ উদ্ভূত হয়। সলফিউরিক অ্যাসিডে জল দিলে উদ্ভূত তাপে অ্যাসিডযুক্ত জল বাষ্পাকারে ছিটকাইয়া বাহির হইয়া বিপদ ঘটাইতে পারে। কিন্তু জলে অ্যাসিড যোগ করিলে এইপ্রকার দুর্ঘটনার সম্ভাবনা থাকে না। পরে আরও জল যোগ করিলে দ্রবণটি ঘরের উষ্ণতায় আসে এবং তখন উহা ব্যবহারের উপযুক্ত হয়।

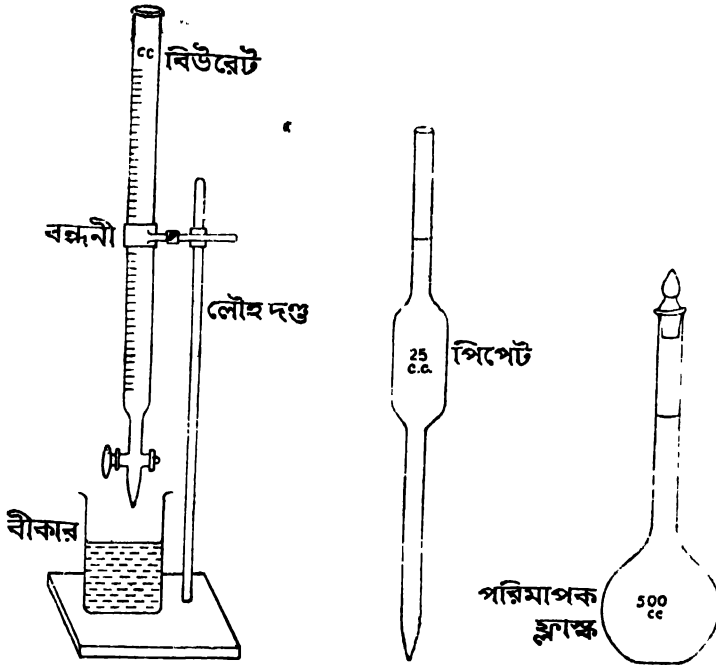
সলফিউরিক অ্যাসিডের সঠিক শক্তি নির্ণয় করিতে হইলে Na_2CO_3-এর প্রমাণ দ্রবণের সহিত উহার টাইট্রেশন বা অনুমাপন-ক্রিয়া সম্পাদন করা হয়।

টাইট্রেশনের সাহায্যে সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের সঠিক শক্তি নির্ণয় : (Determination of the exact strength of Sulphuric acid solution by titration against standard Sodium Carbonate solution).

একটি 25 ঘন সেন্টিমিটার পিপেট (pipette) প্রথমে পাতিত জল দ্বারা ধুইয়া লওয়া হয়। পরে যে সোডিয়াম কার্বনেটের $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ পূর্বে প্রস্তুত করা হইয়াছে তাহা দিয়া পিপেটটি দুই বার ধুইয়া লইতে হয়। তাহার পর এই পিপেটের সাহায্যে একটি বীকারে সঠিকভাবে মাপিয়া 25 ঘন সেন্টিমিটার পরিমাণ $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3-এর দ্রবণ (গুণক $=1\cdot0127$) লওয়া হয়। এইভাবে Na_2CO_3-র দ্রবণ লইবার সময় পিপেটের উপরের দাগ এবং দ্রবণের নিম্নতল চোখের সহিত এক রেখায় আনিয়া উহারা একই রেখায় আছে তাহা দেখিয়া তবে দ্রবণটি বীকারে ঢালা হয়। শেষের দিকে বীকারের গায়ে পিপেটর শেষ প্রান্ত ধরিয়া যে পরিমাণ দ্রবণ গড়াইয়া পড়ে সেই পর্যন্তই 25 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণ হয়। পরে দেখা যাইবে যে পিপেটের অগ্রভাগে আরও দ্রবণ জমা হইয়াছে, কিন্তু তাহা কোন প্রকারেই লওয়া উচিত নয়, কারণ পিপেটগুলিতে এরূপ ভাবেই দাগ কাটা থাকে যে তাহা হইতে যে পরিমাণ দ্রবণ শেষ পর্যন্ত গড়াইয়া

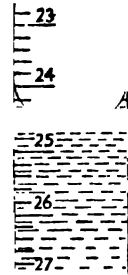
পড়ে তাহাই পিপেটের গায়ে যে পরিমাপ লেখা থাকে তাহাই হয়। এই 25 ঘন সেন্টিমিটার সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের সহিত প্রায় 100 ঘন সেন্টিমিটার পাতিত জল এবং দুই-তিন ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ সূচক যোগ করিয়া লওয়া হয়।

এখন একটি বিউরেট (Burette) লইয়া পাতিত জল দিয়া ধৌত করা হয়। পরে যে প্রায় $\left(\frac{N}{10}\right)$ সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রস্তুত করা হইয়াছে তাহা দিয়া বিউরেটটি দুই বার বেশ করিয়া ধুইয়া লওয়া হয়। পরে বিউরেটটি নীচের ষ্টপকক বন্ধ করিয়া উক্ত সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ দ্বারা ভর্তি করা হয়। পরে ষ্টপকক সামান্য খুলিয়া ফোঁটা ফোঁটা করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ বাহিরে ফেলিয়া নিম্নতল, চোখ এবং বিউরেটের শূন্য দাগ এক রেখায় আনিয়া ষ্টপকক বন্ধ করিয়া বিউরেটটি বন্ধনীর সাহায্যে একটি লৌহদণ্ডে আটকান হয়। পরে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণসমেত বীকারটি বিউরেটের তলায় বসাইয়া বিউরেটের নিম্ন অংশ বীকারের ভিতর ছবিতে (চিত্র নং 12) দেখান মত প্রবেশ করাইয়া রাখা হয়। বীকারের দ্রবণে একটি পাতিত জলে ধৌত করা কাচদণ্ড ডুবাইয়া দেওয়া হয়। পরে বিউরেটের ষ্টপকক সামান্য খুলিয়া ফোঁটা ফোঁটা করিয়া অ্যাসিডের দ্রবণ বীকারস্থিত সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণে যোগ করা হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে কাচের দণ্ড দিয়া বীকারের দ্রবণটি ভাল করিয়া নাড়িয়া দেওয়া হয়। এইভাবে অ্যাসিড যোগ করিয়া নাড়িতে থাকিলে মিথাইল অরেঞ্জযুক্ত সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের হলুদবর্ণ ক্রমশঃ ফিকে হইয়া আসে এবং এক সময় দেখা যায় যে এক

চিত্র নং—11

ফোঁটা অ্যাসিড মিশাইবার সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণের বর্ণ ঈষৎ গোলাপী হয় এবং বীকারের দ্রবণের পার্শ্বে দিক হইতে দেখিলে এই বর্ণ পরিবর্তন সহজেই বুঝা

চিত্র নং—12

যায়। এই পরীক্ষা বীকারে না করিয়া পোর্সিলেন খর্পরে করিলে বর্ণ পরিবর্তন বুঝিতে কোন অসুবিধা হয় না, বীকার ব্যবহার করিলে উক্ত বীকার একখানি সাদা কাগজের উপর বসাইয়া রাখিতে হয়। এই বর্ণপরিবর্তনই হইল প্রশমন-কাল (**neutralisation point**)। এই ফোঁটাটি যোগ করার পরই ষ্টপকক বন্ধ করিয়া বন্ধনী হইতে বিউরেট খুলিয়া আনিয়া লম্বভাবে ধরিয়া চোখ এবং অ্যাসিড-দ্রবণের নিম্নতল একরেখায় আনিয়া বিউরেটের লিখন পড়া হয় এবং তাহা হইতে কত ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিড যোগ করিয়া প্রশমিত দ্রবণ পাওয়া গিয়াছে তাহা জানা যায়। এইভাবে অ্যাসিডের পরিমাণ পড়িয়া লওয়ায় পর আরও এক ফোঁটা অ্যাসিড ষ্টপকক খুলিয়া বীকারের দ্রবণে যোগ করা

হয়। তখন দেখা যায় যে দ্রবণটির রং একেবারে লাল হইয়া যায়। ইহা হইতে বোঝা যায় যে উক্ত এক ফোঁটা অ্যাসিড যোগ করার ফলে দ্রবণটি একেবারে আম্লিক হইয়া গিয়াছে, অর্থাৎ এই ফোঁটা যোগ করিবার পূর্বের ফোঁটাতেই প্রশমনক্রিয়া সম্পাদিত হইয়াছে।

চিত্র নং—13
অ্যাসিডের আয়তন-পঠনে লম্বন (parallax) দোষ দূরীকরণ

গণনা :—মনে করা যাউক, এই পরীক্ষায় 25 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণকে (গুণক $=1{\cdot}0127$) প্রশমিত করিতে $24{\cdot}8$ ঘন সেন্টিমিটার সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ লাগিল। তাহা হইলে 25 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ (গুণক $=1{\cdot}0127$) $\equiv 24{\cdot}8$ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিডের দ্রবণ

অথবা $(25\times1{\cdot}0127)$ ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3-র দ্রবণ $\equiv 24{\cdot}8$ ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিডের দ্রবণ।

অতএব 1 ঘন সেন্টিমিটার H_2SO_4-এর দ্রবণ $=\frac{25\times1{\cdot}0127}{24{\cdot}8}$ ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3-র দ্রবণ $=1{\cdot}0217$ ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3-র দ্রবণ।

অতএব H_2SO_4-এর দ্রবণের শক্তি $=1{\cdot}0217\left(\frac{N}{10}\right)$।

দ্রষ্টব্য : (i) পিপেটে বা বিউরেটে দ্রবণ ভর্তি করিবার সময় দেখিতে হইবে যেন কোথাও বায়ু-বুদ্বুদ্ (air-bubble) আটকাইয়া না থাকে।

(ii) তিনটি টাইট্রেশন লিখিতমতভাবে সম্পাদন করিয়া বিউরেটে প্রদর্শিত অ্যাসিডের আয়তনের পরিমাণ লিখিয়া তাহার গড় আয়তন লওয়া হয়। দেখিতে হইবে যে তিনটি টাইট্রেশনে বিউরেটে প্রদর্শিত আয়তনে 1 ফোঁটার (0·05 ঘন সেন্টিমিটার) বেশী তফাৎ না হয়।

(iii) বিউরেটে সর্বদা অ্যাসিড রাখিয়াই টাইট্রেশন প্রক্রিয়া সমাধা করা উচিৎ, কারণ বিউরেটে

ক্ষার লইলে ক্ষারের সংস্পর্শে ছিপকক শক্ত হইয়া লাগিয়া যায় এবং ফোঁটা ফোঁটা করিয়া দ্রবণ যোগ করা কষ্টসাধ্য হইয়া থাকে।

এক প্রণালীতে প্রকাশিত দ্রবণের মাত্রা হইতে অন্য প্রণালীতে প্রকাশিত মাত্রায় পরিবর্তন।

যে-কোন দ্রবণের মাত্রা তিনটি প্রণালীতে প্রকাশিত করা হয়, যথা (i) **শতকরা পরিমাণ হিসাবে,** যেমন "5%H_2SO_4-এর দ্রবণ"। ইহার অর্থ হইল 100 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে 5 গ্রাম বিশুদ্ধ H_2SO_4 বর্তমান। (ii) **নরম্যাল বা তুল্যমাত্রা হিসাবে ঃ**—যেমন, (N) Na_2CO_3 দ্রবণ। এই দ্রবণের 1 লিটারে বা 1000 ঘন সেন্টিমিটারে সোডিয়াম কার্বনেটের 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বা 53 গ্রাম বর্তমান। (iii) **নরম্যালের গুণক ব্যবহার করিয়া::**—0·35 (N) NaOH-এর দ্রবণ। ইহার অর্থ হইল দ্রবণের 1 লিটারে 0·35 গ্রাম তুল্যাঙ্ক NaOH, অথবা 0·35 × 40 গ্রাম NaOH বিদ্যমান।

(ক) নরম্যাল মাত্রায় প্রকাশিত দ্রবণের শক্তিকে প্রতি লিটারে গ্রাম হিসাবে প্রকাশ করা ঃ প্রতি লিটারে গ্রামে প্রকাশিত ওজন = নরম্যাল মাত্রায় প্রকাশিত শক্তি × গ্রাম-তুল্যাঙ্ক। যেমন

2(N)Na_2CO_3-র দ্রবণের প্রতি লিটারে 2 × 53 গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট থাকে।

1·05(N)HCl-এর দ্রবণের প্রতি লিটারে 1·05 × 36·5 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকে অর্থাৎ উহার 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 1·05 × 36·5 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকিবে।

(খ) **শতকরা পরিমাণ হইতে নরম্যাল মাত্রা ঃ**—5% সলফিউরিক অ্যাসিডের 100 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে 5 গ্রাম বিশুদ্ধ সলফিউরিক অ্যাসিড থাকে। অতএব এই দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 50 গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিড থাকিবে।

∴ 5% সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ = $\frac{50}{49}$ (N) সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ

= 1·02 (N) ,, ,,

(গ) **লিটারে-গ্রাম হইতে নরম্যাল মাত্রা ঃ**—

$$\text{নরম্যাল মাত্রা} = \frac{\text{লিটারে-গ্রাম}}{\text{গ্রাম-তুল্যাঙ্ক}}$$

প্রতি লিটারে 3·65 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড থাকিলে HCl-এর নরম্যাল মাত্রা $= \frac{3.65}{36.5}(N) = 0.1(N)$.

অ্যাসিডমিতি ও ক্ষারমিতিতে ব্যবহৃত মূল আঙ্কিক নীতি :

এই নীতি হইল চারিটি।

(i) 1 ঘন সেন্টিমিটার (N) দ্রবণ = 2 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{2}\right)$ দ্রবণ

= 10 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

= 100 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{100}\right)$ দ্রবণ

(ii) নরম্যাল মাত্রায় শক্তি প্রকাশিত হইলে যে দ্রবণগুলির শক্তি একই হয় সেই দ্রবণের সমান সমান আয়তন প্রশমন ক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়।

10 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4-এর দ্রবণ ≡ 10 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH দ্রবণ।

10 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl-এর দ্রবণ ≡ 10 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 এর দ্রবণ।

(iii) অ্যাসিড-দ্রবণের আয়তন × উক্ত দ্রবণের তুল্যমাত্রায়-শক্তি = ক্ষার-দ্রবণের আয়তন × উক্ত দ্রবণের তুল্যমাত্রায় শক্তি।

অর্থাৎ, $V \times S = V_1 \times S_1$, যেখানে V = অ্যাসিডের দ্রবণের আয়তন,

S = অ্যাসিডের দ্রবণের-শক্তি,

V_1 = ক্ষারের দ্রবণের আয়তন, S_1 = ক্ষারের দ্রবণের শক্তি।

পূর্বে প্রশমন-প্রক্রিয়ার যে গণনা দেখান হইয়াছে তাহাতে

25 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3-র দ্রবণ (গুণক = 1·0127)

≡ 24·8 ঘন সেন্টিমিটার H_2SO_4 এর দ্রবণ।

সলফিউরিক অ্যাসিডের তুল্যমাত্রায় শক্তি পাইতে হইলে উপরের নিয়ম প্রয়োগ করা হয়। সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের শক্তি S ধরিলে,

$$25 \times 1.0127 \times \frac{N}{10} = 24.8 \times S$$

$$\therefore \quad S = \frac{25 \times 1.0127}{24.8}\left(\frac{N}{10}\right) = 1.0217\left(\frac{N}{10}\right).$$

(iv) **শক্তিহ্রাস** (Reduction of strength) :—

মনে করা যাউক 20 ঘন সেন্টিমিটার (N) অ্যাসিড-দ্রবণ 15 ঘন সেন্টিমিটার **অজানা শক্তির** ক্ষার-দ্রবণ দ্বারা প্রশমিত হয়। সুতরাং অ্যাসিড-দ্রবণের শক্তির তুলনায় ক্ষার-দ্রবণের শক্তি বেশী। প্রতি 15 ঘন সেন্টিমিটার ক্ষার-দ্রবণে (20 − 15) বা 5 ঘন সেন্টিমিটার জল যোগ করিলে অ্যাসিড দ্রবণের তুল্য-দ্রবণ পাওয়া যাইবে অথবা ক্ষার-দ্রবণের শক্তি (N) হইবে।

আবার, 1000 ঘন সেন্টিমিটার 1.045 (N) দ্রবণ (অ্যাসিডের বা ক্ষারের)
= 1000 × 1.045 ঘন সেন্টিমিটার (N) দ্রবণ („)
= 1045 ঘন সেন্টিমিটার (N) দ্রবণ („)

অতএব সঠিকভাবে (N) দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে উক্ত দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণের সহিত আরও (1045 − 1000) বা 45 ঘন সেন্টিমিটার জল মিশাইতে হইবে।

সেইরূপ, 10 ঘন সেন্টিমিটার 1.2 (N) দ্রবণ = 10 × 1.2 ঘন সেন্টিমিটার (N) দ্রবণ
= 12.0 ঘন সেন্টিমিটার (N) দ্রবণ
= 120 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

অতএব উক্ত দ্রবণ হইতে সঠিকভাবে $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে উহার 10 ঘন সেন্টিমিটার লইয়া উহাতে (120 − 10) বা 110 ঘন সেন্টিমিটার জল যোগ করিতে হইবে।

দ্রষ্টব্য :—সর্বদা মনে রাখিতে হইবে যে, অ্যাসিডের এক তুল্যাঙ্ক-ওজন ক্ষারের এক তুল্যাঙ্ক ওজনের সহিত বিক্রিয়া করে।

আঙ্কিক উদাহরণ :—

(1) If 100 c.c. of a caustic soda solution contain 2.2 grams of NaOH, what will be its strength in terms of normality ?

কষ্টিক সোডার 100 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে 2·2 গ্রাম NaOH থাকিলে 1000 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে 22 গ্রাম NaOH থাকিবে। এখন যে দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 40 গ্রাম NaOH থাকে তাহাই কষ্টিক সোডার (N) দ্রবণ। অতএব উল্লিখিত দ্রবণের মাত্রা $=\frac{22}{40}(N)=\frac{11}{20}(N)=0·55$ (N)।

(2) How much HCl will be required to prepare 250 c.c. of a 0·3 (N) HCl solution ?

HClএর (N) দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটার প্রস্তুত করিতে 36·5 গ্রাম HCl প্রয়োজন হয়।

∴ HCl-এর 0·3(N) দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটার প্রস্তুত করিতে $0·3\times36·5$ গ্রাম HCl প্রয়োজন হইবে।

∴ HCl-এর 0·3(N) দ্রবণের 250 ঘন সেন্টিমিটার প্রস্তুত করিতে $0·3\times\frac{36·5\times250}{1000}$ গ্রাম, অথবা 2·7375 গ্রাম HCl প্রয়োজন হইবে।

(3) How much Na_2CO_3 is present in 700 c.c. of a 0·25(N) Na_2CO_3 solution ?

1000 ঘন সেন্টিমিটার Na_2CO_3-র (N) দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে ; যেহেতু Na_2CO_3-র গ্রাম তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম।

∴ 1000 ঘন সেন্টিমিটার Na_2CO_3-র 0·25 (N) দ্রবণে $53\times0·25$ গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

∴ 700 ঘন সেন্টিমিটার Na_2CO_3-র 0·25 (N) দ্রবণে $\frac{53\times0·25\times700}{1000}$ গ্রাম অথবা, 9·275 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

(4) What will be the strength in terms of normality of a 10% solution of Na_2CO_3 ?

10% Na_2CO_3-র দ্রবণের 100 ঘন সেন্টিমিটারে 10 গ্রাম Na_2CO_3 আছে। অতএব উক্ত দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 100 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে। এখন Na_2CO_3-র গ্রাম তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম।

∴ উক্ত দ্রবণের তুল্যমাত্রা $=\frac{100}{53}$ (N)

$=1·9$ (N) (আসন্ন প্রথম দশমিক পর্যন্ত)

(5) How much water is to be added to 500 c.c. of 1·2(N) NaOH solution in order to make the solution exactly normal ?

500 ঘন সেন্টিমিটার 1·2(N) NaOH-এর দ্রবণ

$= 500 \times 1{\cdot}2$ ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOH-এর দ্রবণ

$= 600$ ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOH-এর দ্রবণ:

∴ 500 ঘন সেন্টিমিটার 1·2 (N) NaOH-এর দ্রবণকে জল মিশাইয়া 600 ঘন সেন্টিমিটারে পরিণত করিলে উক্ত দ্রবণ (N) মাত্রার হইবে। সুতরাং 500 ঘন সেন্টিমিটার 1·2 (N) NaOH-এর দ্রবণের সহিত (600 − 500) বা 100 ঘন সেন্টিমিটার জল মিশাইলে উহা (N) দ্রবণে পরিণত হইবে।

(6) 25 c.c. of a solution of Na_2CO_3 requires 10·2 c.c. of $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl solution. What is the strength of Na_2CO_3 solution (i) in terms of normality and (ii) in grams per litre ?

(i) ধরা যাউক, সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের শক্তি $= S$.

আমরা জানি, $V \times S = V_1 \times S_1$

সুতরাং, $10{\cdot}2 \times \frac{N}{10} = 25 \times S_1$

অতএব, $S_1 = \frac{10{\cdot}2}{25} \times \frac{N}{10} = 0{\cdot}408 \frac{N}{10} = 0{\cdot}0408$ (N)

(ii) জানা আছে যে 1 লিটার বা 1000 ঘন সেন্টিমিটার—(N) Na_2CO_3র দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে।

অতএব 1 লিটার 0·0408 (N) Na_2CO_3-র দ্রবণে $53 \times 0{\cdot}0408$ গ্রাম অথবা 2·1624 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

অতএব, Na_2CO_3 দ্রবণের শক্তি $= 2{\cdot}1624$ গ্রাম/লিটার।

(7) What volume of $\left(\frac{N}{10}\right)$ KOH solution will be required to neutralise 20·5 c.c. of $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl solution ?

1 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl-এর দ্রবণ $= 5$ ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl-এর দ্রবণ।

$\therefore$ 20·5 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{2}\right)$ HCl-এর দ্রবণ $\equiv (20·5 \times 5)$ অথবা 102·5 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl-এর দ্রবণ $\equiv$ 102·5 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ KOH-এর দ্রবণ, যেহেতু তুল্যমাত্রায় দ্রবণের শক্তি প্রকাশিত হইলে সমান সমান তুল্যমাত্রার অ্যাসিড ও ক্ষারের দ্রবণ তাহাদের সমান সমান আয়তন ব্যবহারে প্রশমিত অবস্থা প্রাপ্ত হয়।

অতএব পটাসিয়াম হাইড্রক্সাইডের $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণের 102·5 ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হইবে।

(8) 20 c. c. of 0·8(N) HCl solution were mixed with 60 c.c. of 0·5 (N) H_2SO_4 solution. What volume of 0·3 (N) NaOH solution will be required to neutralise the acid in the mixed solution ?

20 ঘন সেন্টিমিটার 0·8 (N) HCl-এর দ্রবণ $\equiv (20 \times 0·8)$ বা 16 ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl-এর দ্রবণ।

60 ঘন সেন্টিমিটার 0·5 (N) H_2SO_4-এর দ্রবণ $\equiv (60 \times 0·5)$ বা 30 ঘন সেন্টিমিটার (N) H_2SO_4-এর দ্রবণ।

$\equiv$ 30 ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl-এর দ্রবণ।

$\therefore$ মোট (16+30) অথবা 46 ঘন সেন্টিমিটার (N) অ্যাসিডের দ্রবণ দেওয়া আছে। ধরা যাউক, 0·3 (N) NaOH-এর দ্রবণের V_1 ঘন সেন্টিমিটার উক্ত অ্যাসিডের দ্রবণকে প্রশমিত করিতে প্রয়োজন হয়।

এখন জানা আছে, $V \times S = V_1 \times S_1$

$\therefore \quad 46 \times (N) = V_1 \times 0·3(N)$

সুতরাং, $V_1 = \frac{46}{0·3}$ ঘন সেন্টিমিটার $=$ 153·3 ঘন সেন্টিমিটার।

অতএব 0·3 (N) NaOHএর দ্রবণের 153·3 ঘন সেন্টিমিটার মিশ্রিত অ্যাসিড দ্রবণের অ্যাসিড প্রশমনের জন্য প্রয়োজন হইবে।

(9) What volume of a 5% solution of NaOH will be required to neutralise 1 litre of a $\left(\frac{N}{10}\right)$ solution of H_2SO_4 ?

1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4এর দ্রবণ $\equiv$ 100 ঘন সেন্টিমিটার (N) H_2SO_4এর দ্রবণ।

$\equiv$ 100 ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ।

5% NaOHএর দ্রবণের 100 ঘন সেন্টিমিটারে 5 গ্রাম NaOH আছে।

∴ 5% NaOHএর দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 50 গ্রাম NaOH আছে।

এখন NaOHএর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 40 গ্রাম।

অতএব NaOHএর দ্রবণের শক্তি $= \frac{50}{40}$ (N) = 1·25 (N)

ধরা যাউক এই 1·25 (N) NaOHএর দ্রবণের V ঘন সেন্টিমিটার $\equiv$ (N) NaOHএর 100 ঘন সেন্টিমিটার।

$$\text{যেহেতু } V \times S = V_1 \times S_1$$

$$\therefore \quad V \times 1{\cdot}25\,(N) = 100 \times (N)$$

$$\therefore \quad V = \frac{100}{1{\cdot}25} \text{ ঘন সেন্টিমিটার} = 80 \text{ ঘন সেন্টিমিটার।}$$

অতএব 1 লিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 5% NaOH-দ্রবণের 80 ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হইবে।

(10) To 50 c.c. of a solution of HCl 25 c.c. of a 0·82 (N) NaOH solution were added. Even then the solution was acidic and in order to neutralise the solution 30 c.c. of a 0·09 (N) Na_2CO_3 solution were required. Determine the strength of HCl solution in terms of normality as also in grams per litre.

(Na = 23, H = 1, Cl = 35·5, C = 12, O = 16.)

0·82 (N) NaOHএর দ্রবণের 25 ঘন সেন্টিমিটার $\equiv$ (25 × 0·82) ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ $\equiv$ 20·5 ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ। 0·09 (N) Na_2CO_3-এর দ্রবণের 30 ঘন সেন্টিমিটার $\equiv$ (30 × 0·09) ঘন সেন্টিমিটার (N) Na_2CO_3-এর দ্রবণ $\equiv$ 2·7 ঘন সেন্টিমিটার (N) Na_2CO_3-এর দ্রবণ = 2·7 ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ।

ধরা যাউক, HClএর দ্রবণের শক্তি = S.

অতএব (S) শক্তির HCl-এর দ্রবণের 50 ঘন সেন্টিমিটার

$= (20·5 + 2·7)$ ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ

$= 23·2$ ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ।

এখন $V \times S = V_1 \times S_1$

$\therefore \quad 50 \times S = 23·2 \times (N)$

$\therefore \quad S = \frac{23·2}{50}(N) = \frac{2·32}{5}(N) = 0·464\ (N).$

এই HClএর দ্রবণের 1 লিটারে 0·464 × 36·5 গ্রাম অথবা 16·936 গ্রাম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রাবিত থাকে।

(11) 1·3856 grams of Na_2CO_3 were dissolved in distilled water and solution made upto 250 c.c. in a measuring flask. 25 c.c. of this sodium carbonate solution require 24·65 c.c. of a sulphuric acid solution of unknown strength (i) Calculate the strength of sodium carbonate solution in terms of normality and (ii) also of sulphuric acid in terms of normality.

সোডিয়াম কার্বনেটের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম।

অতএব 53 গ্রাম Na_2CO_3 1 লিটার দ্রবণে বর্তমান থাকিলে তাহা Na_2CO_3 এর (N) দ্রবণ হয়।

এখানে 250 ঘন সেন্টিমিটার Na_2CO_3-এর দ্রবণে 1·3856 গ্রাম Na_2CO_3 আছে। অতএব এই দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 1·3856 × 4 অথবা 5·5424 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে। অতএব Na_2CO_3-এর দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রায় শক্তি হইল $\frac{5·5424}{53}(N) = 0·1046\ (N)$ (আসন্ন চতুর্থ দশমিক পর্যন্ত)

ধরা যাউক, H_2SO_4-এর দ্রবণের শক্তি $= S$

এখন, $V \times S = V_1 \times S_1$

সুতরাং $24·65 \times S = 25 \times 0·1046\ (N)$

$$S = \frac{25 \times 0·1046}{24·65}(N) = 0·106\ (N).$$

(12) 100 grams of HCl solution of specific gravity 1·17 contain 33·4 grams of HCl. How many litres of this HCl solution would be required to neutralise 5 litres of a solution of caustic soda containing 0·042 gram of NaOH per c.c. ?

HClএর দ্রবণের 100 গ্রাম $=\frac{100}{1\cdot17}$ ঘন সেন্টিমিটার (যেহেতু আপেক্ষিক গুরুত্ব $=\frac{\text{ওজন}}{\text{আয়তন}}$) $=85\cdot37$ ঘন সেন্টিমিটার। এই $85\cdot47$ ঘন সেন্টিমিটার HClএর দ্রবণে $33\cdot4$ গ্রাম HCl আছে। অতএব এই HClএর দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে $\frac{33\cdot4\times1000}{85\cdot47}$ গ্রাম HCl থাকিবে। এখন HClএর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=36\cdot5$ গ্রাম। অতএব HClএর দ্রবণের তুল্যমাত্রায় শক্তি $=\frac{33\cdot4\times1000}{85\cdot47\times36\cdot5}$ (N) $=10\cdot7$ (N)

NaOHএর দ্রবণের প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে $0\cdot042$ গ্রাম NaOH আছে। অতএব এই NaOHএর দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 42 গ্রাম NaOH থাকিবে। এখন NaOHএর গ্রাম-তুল্যাঙ্ক $=40$ গ্রাম।

অতএব NaOHএর দ্রবণের তুল্যমাত্রায় শক্তি $=\frac{42}{40}$ (N) $=1\cdot05$ (N)

ধরা যাউক, প্রয়োজনীয় HClএর দ্রবণের আয়তন $=V$ লিটার।

এখন, $V\times S=V_1\times S_1$

অতএব, $V\times10\cdot7\,(N)=5\times1\cdot05\,(N)$

$\therefore\quad V=\frac{5\times1\cdot05}{10\cdot7}$ লিটার

$=0\cdot4907$ লিটার (আসন্ন চতুর্থ দশমিক পর্যন্ত)।

(13) 1 gram of *impure* sodium carbonate is dissolved in water and the solution made upto 250 c.c. To 50 c.c. of this solution 30·4 c.c. of 0·15 (N) HCl solution is added and mixture required for neutralisation 10 c.c. of 0·12 (N) NaOH solution. Determine the strength of the impure sodium carbonate solution in terms of normality and also the percentage of Na_2CO_3 in the impure sample. (C. U. 1923)

$0\cdot12$(N) NaOHএর দ্রবণের 10 ঘন সেন্টিমিটার $=(10\times0\cdot12)$ ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ

$=1\cdot2$ ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOH দ্রবণ

আবার $30\cdot4$ ঘন সেন্টিমিটার $0\cdot15$ (N)HClএর দ্রবণ $=(30\cdot4\times0\cdot15)$ ঘন সেন্টিমিটার (N)HClএর দ্রবণ $=4\cdot56$ ঘন সেন্টিমিটার (N)HClএর দ্রবণ।

অতএব 50 ঘন সেন্টিমিটার [illegible] সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ (যাহার শক্তি S ধরা যাইতে পারে) =(4'56 − 1'2) অথবা 3'36 ঘন সেন্টিমিটার (N)HClএর দ্রবণ।

এখন, $V \times S = V_1 \times S_1$; অতএব $50 \times S = 3'36 \times (N)$

$$\therefore \quad S = \frac{3'36}{50}(N) = 0'0672\ (N)$$

এক্ষণে সোডিয়াম কার্বনেটের গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = 53 গ্রাম।

তাই (N) Na_2CO_3-এর দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে।

অতএব 0'0672 (N) Na_2CO_3-এর দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে 0'0672 × 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে।

সুতরাং উহার 250 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে $\frac{0'0672 \times 53 \times 250}{1000}$ গ্রাম অথবা 0'8904 গ্রাম Na_2CO_3 থাকিবে।

এই 0'8904 গ্রাম বিশুদ্ধ Na_2CO_3 অবিশুদ্ধ সোডিয়াম কার্বনেটের 1 গ্রামে আছে। অতএব বিশুদ্ধ Na_2CO_3-এর শতকরা পরিমাণ = 0'8904 × 100 = 89'04.

(14) 10 grams of sodium hydroxide containing 95% of pure NaOH are dissolved in 200 c.c. of water. 50 c.c. of 1'5 (N) HCl were mixed with the above solution and then the whole diluted to 500 c.c. Calculate the *acidity or alkalinity* of the resulting mixture in terms of normality. (C. U. 1925)

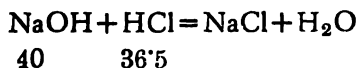
যেহেতু ব্যবহৃত NaOH শতকরা 95 ভাগ বিশুদ্ধ, উহার 100 ভাগে 95 ভাগ বিশুদ্ধ NaOH আছে। অতএব উহার 10 গ্রামে $\frac{95 \times 10}{100}$ অথবা 9'5 গ্রাম বিশুদ্ধ NaOH আছে।

এখন 1'5 (N)HCl-এর দ্রবণের 50 ঘন সেন্টিমিটার = (50 × 1'5) অথবা 75 ঘন সেন্টিমিটার (N)HCl-এর দ্রবণে।

1000 ঘন সেন্টিমিটার (N) HClএর দ্রবণে 36'5 গ্রাম HCl থাকে

∴ 75 ঘন সেন্টিমিটার (N) HCl-এর দ্রবণে $\frac{36'5 \times 75}{1000}$ অথবা 2'7375 গ্রাম HCl থাকে।

নিম্নের সমীকরণ অনুসারে

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$
$$40 \qquad 36·5$$

40 গ্রাম NaOH 36·5 গ্রাম HClএর সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রশমিত হয় বলিয়া জানা যায়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে 9·5 গ্রাম NaOHএর সহিত বিক্রিয়া করিবার মত HCl দ্রবণে যোগ করা হয় নাই। তাই দ্রবণে বাড়তি NaOH অবিকৃত থাকিবে এবং দ্রবণটি **ক্ষারীয়** হইবে :

এখন 36·5 HCl 40 গ্রাম NaOHএর সহিত বিক্রিয়া করে।

∴ 2·7375 গ্রাম HCl $\frac{40 \times 2·7375}{36·5}$ অথবা 3 গ্রাম NaOH এর সহিত বিক্রিয়া করে।

সুতরাং দ্রবণে (9·5 − 3) অথবা 6·5 গ্রাম NaOH পড়িয়া থাকিবে। এখন প্রশ্নানুসারে 500 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণটিতে 6·5 গ্রাম NaOH আছে।

∴ 1000 ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণটিতে 13 গ্রাম NaOH আছে।

এখন দ্রবণের 1000 সেন্টিমিটারে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে তাহা NaOHএর (N) দ্রবণ হয়।

অতএব উৎপন্ন দ্রবণটি NaOHএর $\frac{13}{40}$ অথবা 0·325 (N) শক্তির হইবে।

(15) **25 c.c. of NaOH solution neutralise exactly 22·5 c.c. of a solution (containing 1·4175 grams in 250 c.c.) of a dibasic acid the molecular weight of which is 126 ; and 10 c.c. of the same NaOH solution also neutralise exactly 8 c.c. of a solution of H_2SO_4. Find the strength of the H_2SO_4 solution in terms of normality.**

(C. U. 1919)

যেহেতু অ্যাসিডটি দ্বি-ক্ষারীয় এবং উহার আণবিক ওজন = 126,

অতএব উহার গ্রাম-তুল্যাঙ্ক = $\frac{126}{2}$ গ্রাম = 63 গ্রাম।

সুতরাং অ্যাসিডটির 63 গ্রাম লইয়া উহার 1000 ঘন সেন্টিমিটার পরিমাপের দ্রবণ প্রস্তুত করিলে উহা অ্যাসিডটির (N) দ্রবণ হইবে। অতএব দ্রবণের 250 ঘন সেন্টিমিটারে 1·4175 গ্রাম অ্যাসিড থাকিলে উহা $\frac{1·4175 \times 4}{63}$ (N) দ্রবণ

হইবে কারণ উক্ত দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে $1{\cdot}4175 \times 4$ গ্রাম অ্যাসিড থাকিবে। অতএব অ্যাসিড দ্রবণের শক্তি $= \frac{5{\cdot}67}{63}$ (N) = 0 09(N).

আবার, 25 ঘন সেন্টিমিটার NaOHএর দ্রবণ (যাহার শক্তি ধরা যাউক S) = 22·5 ঘন সেন্টিমিটার 0·09(N) দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিডের দ্রবণ।

এখন, $V \times S = V_1 \times S_1$

সুতরাং $25 \times S = 22{\cdot}5 \times 0{\cdot}09(N)$

অতএব, $S = \frac{22{\cdot}5 \times 0{\cdot}09}{25} (N) = 0{\cdot}081\ (N).$

আবার, 10 ঘন সেন্টিমিটার 0·081 (N) NaOHএর দ্রবণ = 8 ঘন সেন্টিমিটার H_2SO_4-এর দ্রবণ (যাহার শক্তি ধরা যাউক S_2)

এখানেও $V \times S = V_2 \times S_2$

সুতরাং $10 \times 0{\cdot}081\ (N) = 8 \times S_2$

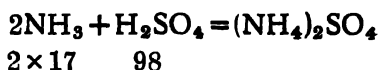
অতএব, $S_2 = \frac{10 \times 0{\cdot}081}{8} (N) = 0{\cdot}10125(N)$

(16) 7·5 grams of ammonium sulphate were boiled with excess of NaOH solution and the evolved NH_3 was led into 50 c.c. of (N) H_2SO_4, which finally required 8 c.c. of 0·5 (N) NaOH for nutralisation. Calculate the percentage of ammonia in ammonium sulphate.

0·5(N) NaOHএর দ্রবণের 8 ঘন সেন্টিমিটার = $(8 \times 0{\cdot}5)$ ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ = 4 ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ। অতএব, অ্যামোনিয়া শোষণে ব্যবহৃত (N) H_2SO_4-এর দ্রবণের 50 ঘন সেন্টিমিটারের ভিতর 4 ঘন সেন্টিমিটার উদ্বৃত্ত পড়িয়াছিল, কারণ 4 ঘন সেন্টিমিটার (N) NaOH-এর দ্রবণ ব্যবহার করিয়া উহাকে প্রশমিত করা গেল। সুতরাং (50 − 4) অথবা 46 ঘন সেন্টিমিটার (N) H_2SO_4-এর দ্রবণ দ্বারা উৎপন্ন অ্যামোনিয়া শোষিত হয়।

নিম্নলিখিত সমীকরণ হইতে

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

$2 \times 17 \qquad 98$

জানা যায় যে 98 গ্রাম $H_2SO_4 \equiv 2 \times 17$ গ্রাম NH_3

অথবা 49 গ্রাম $H_2SO_4 \equiv 17$ গ্রাম NH_3.

49 গ্রাম H_2SO_4 H_2SO_4-এর (N) দ্রবণের 1000 ঘন সেন্টিমিটারে থাকে।

অতএব 1000 ঘন সেন্টিমিটার H_2SO_4-এর দ্রবণ $\equiv 17$ গ্রাম NH_3

সুতরাং 46 ঘন সেন্টিমিটার H_2SO -এর দ্রবণ $= \frac{17 \times 46}{1000}$ গ্রাম NH_3

$= 0·782$ গ্রাম NH_3

এই 0·782 গ্রাম NH_3 7·5 গ্রাম অ্যামোনিয়াম সলফেট হইতে উৎপন্ন হইতেছে।

অতএব অ্যামোনিয়াম সলফেটে অ্যামোনিয়ার শতকরা পরিমাণ

$$\frac{0·782 \times 100}{7·5} = 10·43$$ (আসন্ন দ্বিতীয় দশমিক পর্যন্ত)।

(17) 12·5 c.c. of sample of H_2SO_4 are dissolved in water and the volume made upto 500 c.c. 10·2 c.c. of this dilute acid neutralise exactly 22·7 c.c. of $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3 solution. What volume of water must be added to 400 c.c. of the dilute acid to make it exactly decinormal. (C. U. 1922)

10·2 ঘন সেন্টিমিটার পাতলা H_2SO_4-এর দ্রবণ $\equiv$ 22·7 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ Na_2CO_3-এর দ্রবণ $\equiv$ 22·7 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4-এর দ্রবণ।

অতএব, 10·2 ঘন সেন্টিমিটার পাতলা H_2SO_4-এর দ্রবণে ততখানি H_2SO_4 আছে যাহা 22·7 ঘন সেন্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4-এর দ্রবণে থাকে। সুতরাং 10·2 ঘন সেন্টিমিটার পাতলা H_2SO_4-এর দ্রবণে (22·7 − 10·2) অথবা 12·5 ঘন সেন্টিমিটার জল যোগ করিয়া উহাকে 22·7 ঘন সেন্টিমিটার আয়তনে লইলে উহা ঠিক $\left(\frac{N}{10}\right)$ শক্তির হইবে। অতএব 400 ঘন সেন্টিমিটার পাতলা H_2SO_4-এর দ্রবণে $\frac{12·5 \times 400}{10·2}$ অথবা 490·2 ঘন সেন্টিমিটার (আসন্ন প্রথম দশমিক পর্যন্ত লইয়া) জল যোগ করিলে উহা সঠিকভাবে $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4-এর দ্রবণে পরিবর্তিত হইবে।

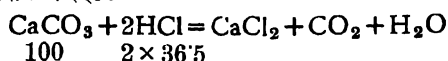
(18) A specimen of chalk contained calcium sulphate as impurity. One gram of the sample was treated with 230 c.c. of $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl. The excess of acid in the mixture neutralised 8 c.c. of 0·45 (N) NaOH solution. Calculate the percentage of chalk in the sample. How much CO_2 at 25°C and 756 mm. pressure will be obtained by the decomposition of 40 grams of this chalk ?

(C. U. 1913)

230 ঘন সেণ্টিমিটার $\left(\frac{N}{10}\right)$ HClএর দ্রবণ$\equiv(230\times\frac{1}{10})$ অথবা 23 ঘন সেণ্টিমিটার (N) HClএর দ্রবণ।

8 ঘন সেণ্টিমিটার 0·45 (N) NaOHএর দ্রবণ$=(8\times0{\cdot}45)$ বা 3·6 ঘন সেণ্টিমিটার (N) NaOHএর দ্রবণ$=$3·6 ঘন সেণ্টিমিটার (N) HClএর দ্রবণ। অতএব খড়ির সহিত বিক্রিয়া করিতে $(23-3{\cdot}6)$ অথবা 19·4 ঘন সেণ্টিমিটার (N) HClএর দ্রবণ লাগিয়াছে।

এখন, নিম্নের সমীকরণ হইতে

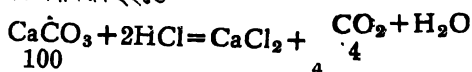
$$\underset{100}{CaCO_3}+\underset{2\times36{\cdot}5}{2HCl}=CaCl_2+CO_2+H_2O$$

আমরা জানিতে পারি যে $2\times36{\cdot}5$ গ্রাম HCl 100 গ্রাম $CaCO_3$-এর সহিত বিক্রিয়া করে। অর্থাৎ 2000 ঘন সেণ্টিমিটার (N) HClএর দ্রবণ$\equiv$100 গ্রাম $CaCO_3$ (যেহেতু 1000 ঘন সেণ্টিমিটার (N) HClএর দ্রবণে 36·5 গ্রাম HCl থাকে)।

অতএব 19·4 ঘন সেণ্টিমিটার (N) HClএর দ্রবণ$\equiv\frac{100\times19{\cdot}4}{2000}$ অথবা 0·97 গ্রাম $CaCO_3$।

সুতরাং, 1 গ্রাম খড়ির নমুনায় 0·97 গ্রাম $CaCO_3$ আছে।

অতএব, খড়িতে $CaCO_3$-এর শতকরা পরিমাণ$=$97।

আবার, নিম্নের সমীকরণ হইতে

$$\underset{100}{CaCO_3}+2HCl=CaCl_2+\underset{44}{CO_2}+H_2O$$

জানা যায় যে, 100 গ্রাম $CaCO_3$-কে HCl দ্বারা বিক্রিয়া করাইলে 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। এখন, যে খড়ির নমুনা ব্যবহার করা হইয়াছে তাহাতে 40 গ্রামে $40\times0{\cdot}97$ অথবা 38·8 গ্রাম $CaCO_3$ আছে।

এখন 100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে 44 গ্রাম কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়। অর্থাৎ 100 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার কার্বন ডাই-অক্সাইড পাওয়া যায়, কারণ যে কোন গ্যাসের গ্রাম-আণবিক ওজন প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 22·4 লিটার আয়তন দখল করে।

অতএব 38·8 গ্রাম $CaCO_3$ হইতে প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে $\frac{22{\cdot}4 \times 38{\cdot}8}{100}$ অথবা 8·6912 লিটার CO_2 উৎপন্ন হইবে। ধরা যাউক 25° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং 756 মিলিমিটার চাপে উহার আয়তন V লিটার হইবে।

এখন বয়েল ও চার্লসের সংযুক্ত সূত্রানুসারে

$$\frac{8{\cdot}6912 \times 760}{273+0} = \frac{V \times 756}{273+25}$$

অথবা $V = \frac{8{\cdot}6912 \times 760 \times 298}{273 \times 756}$ লিটার $= 9{\cdot}537$ লিটার।

(19) 25 c.c. of a solution of HCl containing 4 grams per litre neutralise 21 c.c. of a solution of an alkali containing 4·83 grams of alkali per litre. Calculate equivalent of the alkali.

HClএর তুল্যাঙ্ক $= 36{\cdot}5$ গ্রাম।

অতএব HClএর দ্রবণের শক্তি $= \frac{4}{36{\cdot}5}\,(N) = 0{\cdot}11\,(N)$ (আসন্ন দ্বিতীয় দশমিক পর্যন্ত)।

এখন, 25 ঘন সেন্টিমিটার 0·11 (N) HClএর দ্রবণ ≡ 21 ঘন সেন্টিমিটার ক্ষারের দ্রবণ।

যেহেতু, $V \times S = V_1 \times S_1 \quad \therefore \quad 25 \times 0{\cdot}11\,(N) = 21 \times S_1$

$\therefore \quad S_1 = \frac{25}{21} \times 0{\cdot}11\,(N) = 0{\cdot}131\,(N)$ (আসন্ন তৃতীয় দশমিক পর্যন্ত)

যদি ক্ষারের তুল্যাঙ্ক x হয়, তবে $\frac{4{\cdot}83}{x} = 0{\cdot}131$; $\therefore \quad 0{\cdot}131x = 4{\cdot}83$

$$x = \frac{4{\cdot}83}{0{\cdot}131} = 36{\cdot}87 \qquad \therefore \text{ ক্ষারের তুল্যাঙ্ক} = 36{\cdot}87$$

(20) 0·9 gram of a dibasic acid is neutralised by 0·8 gram of NaOH. Calculate the molecular weight of the acid.

কষ্টিক সোডার (NaOH) তুল্যাঙ্ক = 40

যেহেতু, 0·8 গ্রাম NaOH = 0·9 গ্রাম অ্যাসিড।

∴ 1 গ্রাম „ $= \frac{0·9}{0·8}$ গ্রাম „

∴ 40 গ্রাম „ $= \frac{0·9}{0·8} \times 40$ „

$= 9 \times 5$ গ্রাম অ্যাসিড = 45 গ্রাম অ্যাসিড

∴ অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক = 45

যেহেতু, অ্যাসিডটি দ্বিক্ষারীয়, অতএব অ্যাসিডটির আণবিক ওজন = 2 × 45 = 90.

Questions

1. What is the normality of a sample of concentrated sulphuric acid (sp. gr. 1·836 and containing 97 per cent by weight of H_2SO_4) ?

[Ans. 36·4 (N)]

১। একটি গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব হইল ১·৮৩৬ এবং উহাতে তৌলিক হিসাবে শতকরা ৯৭ ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিড আছে। উহার তুল্যাঙ্ক মাত্রার শক্তি নির্ণয় কর!

[উত্তর : ৩৬·৪ (N)]

2. Determine the normality of the following :—(*a*) 21 gms. KOH in 2·5 litres of solution : (*b*) 220 gms. of H_2SO_4 in 5 litres of solution ; (*c*) calculate the volume of such sulphuric acid solution as in (*b*) required to neutralise 75 c.c. of KOH solution as is obtained in (*a*).

[Ans. (*a*) 0·15 N ; (*b*) 0·9 N ; (*c*) 12·5 c.c.]

২। নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির তুল্যাঙ্ক মাত্রার শক্তি নির্ণয় কর :—(ক) ২১ গ্রাম KOH যুক্ত ২·৫ লিটার কষ্টিক পটাসের দ্রবণ ; (খ) ২২০ গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত ৫ লিটার সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ; (গ) (ক) মত প্রস্তুত কষ্টিক পটাসের দ্রবণের ৭৫ ঘন সেন্টিমিটারকে প্রশমিত করিতে (খ)তে প্রস্তুত সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের কত আয়তন প্রয়োজন হইবে ?

[উত্তর : (ক) ০·১৫ (N) ; (খ) ০·৯ (N) ; (গ) ১২·৫ ঘন সেন্টিমিটার]

3. If 20 c.c. of a 0·45N NaOH solution are added to 30 c.c. of a 0·32N HCl, is the resulting solution basic or acidic ? What is the normality with respect to the basic or acidic final solution ? Can you calculate the normality of the solution with respect to the salt formed by this neutralisation ?

[Ans. Acidic ; 0·012 (N) with regard to HCl ; 0·18 (N) with regard to NaCl.]

৩। একটি ০·৪৫ (N) কষ্টিক সোডার ২০ ঘন সেন্টিমিটার দ্রবণে একটি ০·৩২ (N) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ৩০ ঘন সেন্টিমিটার যোগ করা হইল ; মিশ্রিত দ্রবণটি ক্ষারীয় অথবা আম্লিক ? উক্ত ক্ষারীয় অথবা আম্লিক দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রায় শক্তি কত হইবে ; এই মিশ্রণের ফলে যে লবণ উৎপন্ন হইল তাহার দ্রবণে তুল্যাঙ্ক মাত্রায় শক্তি নির্ণয় কর।

[উত্তর : আম্লিক ; ০·০১২ (N) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণ ;
০·১৮ (N) সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ।]

4. In standardising a solution of HCl it was found that 28·5 c.c. of the acid reacted completely with 0·40 gram of pure Na_2CO_3. What is the normality of the acid solution ? [Ans. 0·265 N]

৪। একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণের শক্তি বাহির করিতে গিয়া দেখা গেল যে অ্যাসিডের দ্রবণের ২৮·৫ ঘন সেন্টিমিটার সঠিকভাবে ০·৪০ গ্রাম অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করে। অ্যাসিডের দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রায় শক্তি কত ? [উত্তর : ০·২৬৫ (N)]

5. 25 c.c. of a sodium carbonate solution required 21·5 c.c. of (N) H_2SO_4 solution for complete neutralisation. Calculate the strength of sodium carbonate solution both in terms of normality and in grams per litre. [Ans. 0·86N ; 45·58 gms./litre.]

৫। একটি সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ২৫ ঘন সেন্টিমিটার আয়তনকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে একটি (N) মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ২১·৫ ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হয়। সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের শক্তি তুল্যাঙ্ক মাত্রায় এবং গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর।

[উত্তর : ০·৮৬ (N) ; ৪৫·৫৮ গ্রাম/লিটার]

6. 50 c.c. of a solution of NaOH required 40·5 c.c. of $1{\cdot}235\left(\frac{N}{10}\right)H_2SO_4$ for complete neutralisation. Calculate the strength of NaOH solution in terms of (*a*) normality, (*b*) grams per 100 c.c. of the solution.

[Ans. $1{\cdot}00035\left(\frac{N}{10}\right)$; 0·40014 gm./100 c.c.]

৬। একটি কষ্টিক সোডার দ্রবণের ৫০ ঘন সেন্টিমিটার আয়তনকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে ১·২৩৫ $\left(\frac{N}{10}\right)$ শক্তি সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ৪০·৫ ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হয়। কষ্টিক সোডার দ্রবণের শক্তি (ক) তুল্যাঙ্ক মাত্রায় এবং (খ) ১০০ ঘন সেন্টিমিটারে গ্রাম পরিমাণ নির্ণয় কর।

[উত্তর : ১·০০০৩৫ $\left(\frac{N}{10}\right)$; ০·৪০০১৪ গ্রাম/১০০ ঘন সেন্টিমিটার]

7. 1·4218 gm. of Na_2CO_3 are dissolved in water and the volume of the solution is made upto 250 c.c. 25 c.c. of this Na_2CO_3 solution exactly neutralises 23·75 c.c. of a solution of H_2SO_4. Calculate the normality of (*a*) Na_2CO_3 solution (*b*) H_2SO_4 solution ?

What indicator is to be used in this titration and why ?

[Ans. (a) 1·073 $\left(\frac{N}{10}\right)$; (b) 1·01935 $\left(\frac{N}{10}\right)$].

৭। ১·৪২১৮ গ্রাম সোডিয়াম কার্বনেট পাতিত জলে দ্রাবিত করিয়া দ্রবণের আয়তন ২৫০ ঘন সেন্টিমিটার করা হইল। এই দ্রবণের ২৫ ঘন সেন্টিমিটার সঠিকভাবে একটি সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ২৩·৭৫ ঘন সেন্টিমিটার আয়তনকে প্রশমিত করে। (ক) সোডিয়াম কার্বনেটের এবং (খ) সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রায় শক্তি নির্ণয় কর।

এই প্রশমন-প্রক্রিয়ায় কোন্ সূচক ব্যবহার করিবে তাহা কারণ সহকারে উল্লেখ কর।

[উত্তর : (ক) ১·০৭৩ $\left(\frac{N}{10}\right)$; (খ) ১·০১৯৩৫ $\left(\frac{N}{10}\right)$]

8. What volume of a 10 per cent. solution of Na_2CO_3 will be required for exact neutralisation of an acid solution containing 4·9 grams of H_2SO_4 ?

[Ans. 53 c.c.]

৮। একটি শতকরা ১০ ভাগযুক্ত সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের কত আয়তন ৪·৯ গ্রাম সলফিউরিক অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে প্রয়োজন হইবে ? [উত্তর : ৫৩ ঘন সেন্টিমিটার

9. 10 grams of soda crystals (Na_2CO_3, 10 H_2O) are required to neutralise 50 c.c. of a sample of HCl solution. How many c.c. of this acid must be diluted and made upto one litre so that we may get a normal (N) solution of HCl ? [Ans. 715 c.c.]

৯। কেলাসিত সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3, $10H_2O$) ১০ গ্রাম একটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ৫০ ঘন সেন্টিমিটার প্রশমিত করিতে প্রয়োজন হয়। এই হাইড্রোক্লোরিকে অ্যাসিডের কত ঘন সেন্টিমিটার লইয়া উহাতে জল যোগ করিয়া ১ লিটার করিলে উহার (N) দ্রবণ পাওয়া যাইবে ?

[উত্তর : ৭১৫ ঘন সেন্টিমিটার]

10. 25 c.c. of an alkali solution is missed with 8 c.c. of 0·75 (N) acid solution and for complete neutralisation it further required 15 c.c. of 0·03 (N) acid solution. Find the strength of the given alkali solution.

[Ans. 0·258 (N)]

১০। একটি ক্ষারীয় দ্রবণের ২৫ ঘন সেন্টিমিটার লইয়া উহাতে ০·৭৫ (N) অ্যাসিডের ৮ ঘন সেন্টিমিটার যোগ করা হইল। পরে উহাকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে আরও ০·০৩ (N) অ্যাসিডের ১৫ ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হইল। ক্ষারীয় দ্রবণের শক্তি নির্ণয় কর।

[উত্তর : ০·২৫৮ (N)]

11. Calculate the quantity of a sample of sodium carbonate, which contains 90 per cent. carbonate and 10 per cent. bicarbonate, that should be dissolved in water, to make one litre solution. so that it will require an equal volume of $\frac{N}{5}$ sulphuric acid solution for complete neutralisation

[Na=23·0, C=12·0, S=32·0] [Ans. 11·0 grams nearly]

১১। একটি সোডিয়াম কার্বনেটের নমুনায় শতকরা ৯০ ভাগ কার্বনেট এবং ১০ ভাগ বাইকার্বনেট আছে। এই সোডিয়াম কার্বনেটের কি পরিমাণ জলে দ্রাবিত করিয়া দ্রবণের ১ লিটার করিলে উক্ত দ্রবণের প্রশমনের জন্য সম-আয়তন $\left(\frac{N}{5}\right)$ সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ প্রয়োজন হইবে ?

[Na=২৩·০, C=১২·০, S=৩২·০]। উত্তর : ১১·০ গ্রাম (আসন্ন প্রথম দশমিক পর্যন্ত)।]

12. 1·524 gms. of ammonium chloride were dissolved in water and 50 c.c. of normal KOH solution added therein and boiled to expel all NH_3. Ultimately the solution left was neutralised with 30·95 c.c. of normal sulphuric acid solution. Calculate the percentage of ammonia in the sample of ammonium chloride. [Ans. 21·25%]

১২। ১·৫২৪ গ্রাম অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডকে জলে দ্রাবিত করিয়া উক্ত দ্রবণে তুল্যাঙ্ক মাত্রার কষ্টিক পটাসের দ্রবণের ৫০ ঘন সেন্টিমিটার যোগ করিয়া ফোটান হইল ; সমস্ত অ্যামোনিয়া বাহির হইয়া গেলে দ্রবণটিকে ঠাণ্ডা করিয়া প্রশমিত করিতে তুল্যাঙ্ক মাত্রার সালফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ৩০·৯৫ ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হইল। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের নমুনায় শতকরা অ্যামোনিয়ার পরিমাণ নির্ণয় কর। [উত্তর : ২১·২৫%]

13. (*a*) What is meant by a decinormal solution ? How would you prepare a decinormal solution of caustic soda, given dry sodium carbonate ?

(*b*) A sample of sulphuric acid, measuring 25 c.c., when treated with one gram of calcium carbonate, evolved 100 c.c. of dry carbon dioxide gas measured at 20°C and 700 mm. pressure. Calculate the strength of the acid in grams per litre and the amount of calcium carbonate remaining unchanged (C=12, S=32, Ca=40).

[Ans. 15·04 grams/litre : 0·6163 gm. $CaCO_3$.]

১৩। (ক) দশমাংশতুল্য দ্রবণ বলিতে কি বুঝায় ? বিশুদ্ধ শুষ্ক সোডিয়াম কার্বনেট দেওয়া হইল ; ইহা ব্যবহার করিয়া কিভাবে একটি কষ্টিক সোডার দশমাংশ তুল্যদ্রবণ প্রস্তুত করিবে লিখিয়া দেখাও।

(খ) একটি সলফিউরিক অ্যাসিডের নমুনার ২৫ ঘন সেন্টিমিটারে ১ গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট যোগ করার ফলে ২০° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় এবং ৭০০ মিলিমিটার পারদের চাপে ১০০ ঘন সেন্টিমিটার শুষ্ক কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। অ্যাসিডটির শক্তি গ্রাম/লিটারে নির্ণয় কর এবং কত পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেট উদ্বৃত্ত থাকিবে তাহাও নির্ণয় কর। (C=১২ ; S=৩২ , Ca=৪০)।

[উত্তর : ১৫·০৪ গ্রাম/লিটার ; ০·৬১৬৩ গ্রাম ক্যালসিয়াম কার্বনেট]

14. 0·21 gm. of a metal was treated with 50 c.c. of (N) H_2SO_4 solution, when the metal dissolved completely. The residual acid required 65·0 c.c. of $\left(\frac{N}{2}\right)$NaOH solution for neutralisation. Calculate the equivalent weight of the metal. [Ans. 12]

১৪ একটি ধাতুর ০·২১ গ্রামে ৫০ ঘন সেন্টিমিটার তুল্যাঙ্ক মাত্রার সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে ধাতুটি সম্পূর্ণরূপে গলিয়া যায়। অবশিষ্ট অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে অর্ধতুল্যাঙ্ক মাত্রার কষ্টিক সোডার দ্রবণের ৬৫·০ ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর। [উত্তর : ১২]

15. 25 c.c. of a solution of sulphuric acid neutralises 22·5 c.c. of a 5 per cent. solution of sodium carbonate. How would you reduce the strength of the acid to decinormal ?

[1 litre of the acid solution to be diluted to 11·25 litres]

১৫। একটি সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ২৫ ঘন সেন্টিমিটার একটি শতকরা ৫ ভাগ যুক্ত সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ২২·৫ ঘন সেন্টিমিটার দ্বারা প্রশমিত হয়। উক্ত অ্যাসিডের দ্রবণের শক্তি দশমাংশ তুল্যাঙ্ক মাত্রায় আনিতে হইলে কি করা প্রয়োজন তাহা স্থির কর।

[উত্তর : উক্ত অ্যাসিডের দ্রবণের ১ লিটার লইয়া উহাকে জল দিয়া ১১·২৫ লিটার করিতে হইবে।]

16. 2 grams of the carbonate of a metal were dissolved in 50 c.c. of (N) HCl solution. The resulting liquid required 100 c.c. $\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH solution to neutralise it completely. Calculate the equivalent weight of the carbonate. [Ans. 50]

১৬। একটি ধাতব কার্বনেটের ২ গ্রাম তুল্যাঙ্ক মাত্রার হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ৫০ ঘন সেন্টিমিটারে দ্রাবিত করা হইল। অবশিষ্ট দ্রবণকে প্রশমিত করিতে দশমাংশ তুল্যাঙ্কমাত্রার কষ্টিক সোডার দ্রবণের ১০০ ঘন সেন্টিমিটার প্রয়োজন হইল। ইহা হইতে কার্বনেটের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় কর।

[উত্তর : ৫০]

17. 98 c.c. of a 10% solution of HCl just completely dissolves 3·222 grams of a metal. What is the chemical equivalent of the metal ? [Ans. 12]

১৭। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের একটি শতকরা ১০ ভাগ যুক্ত দ্রবণের ৯৮ ঘন সেন্টিমিটারে একটি ধাতুর ৩·২২২ গ্রাম দ্রাবিত হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্কভার কত? [উত্তর : ১২]

18. 11·32 c.c. of 0·901 $\left(\frac{N}{2}\right)$ NaOH solution neutralises 20 c.c. of sulphuric acid solution containing 0·01249 gm. H_2SO_4 per c.c. NaOH being a monacid base, calculate its molecular weight. [Ans. 40]

১৮। ০·৯০১ $\left(\frac{N}{2}\right)$ কষ্টিক সোডার দ্রবণের ১১·৩২ ঘন সেন্টিমিটার একটি সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ যাহার প্রতি ঘন সেন্টিমিটারে ০·০১২৪৯ গ্রাম আসল সলফিউরিক অ্যাসিড আছে তাহার ২০ ঘন সেন্টিমিটারকে প্রশমিত করে। কষ্টিক সোডা একটি একাম্লিক ক্ষার হইলে উহার আণবিক ওজন নির্ণয় কর।

[উত্তর : ৪০]

19. 10 c.c. of a 5% NaOH solution is mixed with 10 c.c. of a 5% HCl solution. Is the solution neutral ? It not, calculate the acidity or alkalinity of the mixture. [Ans. Acidic 0·06 N)]

১৯। কষ্টিক সোডার শতকরা ৫ ভাগ যুক্ত একটি দ্রবণের ১০ ঘন সেন্টিমিটারে একটি শতকরা ৫ ভাগ যুক্ত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দ্রবণের ১০ ঘন সেন্টিমিটার যোগ করা হইল। দ্রবণটি কি প্রশমিত অবস্থায় আসিল? যদি না হয় তবে দ্রবণটির আম্লিক বা ক্ষারীয় শক্তি নির্ণয় কর।

আম্লিক ; ০·০৬ (N)]

পঞ্চত্রিংশ অধ্যায়

পরমাণুর গঠন (ইলেক্‌ট্রনবাদ অনুসারে) ও যোজ্যতা-সম্পর্কে আধুনিক ইলেক্‌ট্রনীয় মতবাদ

[Elementary idea of Atomic Structure and Modern Theory of Valency (according to Electronic Theory of Matter)]

1808 খৃষ্টাব্দে রাসায়নিক সংযোগের সূত্রসমূহ ব্যাখ্যা করিতে ডাল্‌টন পরমাণু-বাদের সৃষ্টি করেন। ডালটনের পরমাণুবাদ অনুসারে মৌলিক পদার্থের পরমাণুকে ক্ষুদ্রতম এবং অবিভাজ্য অংশ ধরা হয় এবং মৌলের পরমাণু অপেক্ষা কম পরিমাণ রাসায়নিক পরিবর্তনে অংশ গ্রহণ করিতে পারে না বলিয়া মনে করা হয়। কিন্তু প্রায় ষাট বৎসর পূর্বে বিংশ শতাব্দীর প্রারম্ভে নূতন আবিষ্ক্রিয়ার ফলে পরমাণুকে আর অবিভাজ্য মনে করা যায় না কারণ উহা অপেক্ষা ক্ষুদ্রতম কণা যাহা তড়িৎ-শক্তি বহন করে তাহাতে উহাকে ভাঙ্গিয়া ফেলা সম্ভব হইয়াছে। পরমাণুর বিভিন্ন অংশের আবিষ্ক্রিয়ার ইতিহাস এবং পরমাণুর গঠন-বৈচিত্র্য সম্বন্ধে আলোচনা অতিশয় হৃদয়গ্রাহী। পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠনের জ্ঞান এত প্রসারলাভ করিয়াছে যে বর্তমানে ইহার দ্বারা রসায়নশাস্ত্রের তথ্যগুলির সহজবোধ্য ব্যাখ্যা এবং রাসায়নিক জ্ঞানকে ধারাবাহিক আকারে মনে রাখা সম্ভব হইয়াছে।

বর্তমানে ইলেক্‌ট্রন, প্রোটন, নিউট্রন এবং পজিট্রন—এই চারি জাতীয় কণাকেই পদার্থসমূহের মূল উপাদান বলিয়া বিজ্ঞানীরা মনে করেন। এই কণাগুলির বিভিন্ন প্রকার সংযোগ এবং বিন্যাসের ফলেই বিভিন্ন প্রকার মৌলের বিভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট পরমাণুর উৎপত্তি হইয়াছে। এই কণাগুলি সম্বন্ধে এক এক করিয়া নিম্নে আলোচনা করা হইল।

ইলেক্‌ট্রন্‌ (Electron): বৈজ্ঞানিক ক্রুক্‌স্‌ (Crookes) 1880 খৃষ্টাব্দে প্রথম পরীক্ষাদ্বারা "জড়ের চতুর্থ প্রকার বিভেদের" (**Fourth state of matter**) বিষয় বলেন। একটি কাচের পাত্রে অতি অল্প পরিমাণ গ্যাস অত্যন্ত কম চাপে রাখিয়া যদি উহার ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা যায় তাহা হইলে ক্যাথোড (যে পথে কাচের পাত্র হইতে তড়িৎপ্রবাহ বাহির হইয়া যায়) হইতে

একপ্রকার রশ্মি নির্গত হয় এবং উহা অ্যানোডের (যে পথে তড়িৎপ্রবাহ কাচের পাত্রে প্রবেশ করে) দিকে ধাবিত হয়। এই নূতন রশ্মির নাম দেওয়া হয় **"ক্যাথোড রে"** (Cathode ray)। বৈজ্ঞানিক জে. জে. টমসন (Sir J. J. Thomson) 1897 খৃষ্টাব্দে পরীক্ষা করিয়া দেখান যে এই রশ্মিগুলি অতি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ঋণাত্মক বিদ্যুৎশক্তিযুক্ত কণার সমষ্টি। এই ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত অতি ক্ষুদ্র কণার নাম দেওয়া হইল ইলেকট্রন (Electron)। জি. জে. ষ্টোনি (G. J. Stoney) 1891 খৃষ্টাব্দে এই "ইলেকট্রন" কথাটি প্রথম ব্যবহার করেন এবং ইহাদ্বারা তিনি প্রত্যেক একযোজী (univalent) আয়নের সহিত সংশ্লিষ্ট তড়িৎশক্তির একককে প্রকাশ করেন। পরে এই "ইলেকট্রন" কথাটি ক্রমে এক একক তড়িৎশক্তিযুক্ত অতি ক্ষুদ্র কণাতে আরোপিত হয়। টমসন্ এবং মার্কিন বৈজ্ঞানিক মিলিকান (Millikan) এই কণাগুলি বিশদভাবে পরীক্ষা করিয়া ইহাদের প্রত্যেকটির ওজন ও তৎসংশ্লিষ্ট তড়িৎশক্তির পরিমাণ স্থির করেন। প্রত্যেক কণার ওজন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{1840}$ ভগ্নাংশ অর্থাৎ ইহার প্রকৃত ওজন 9×10^{-28} গ্রাম। প্রত্যেকটি কণায় এক একক ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি (unit negative electric charge) :—$1{\cdot}6 \times 10^{-19}$ কুলম্ব অথবা $-4{\cdot}77 \times 10^{-10}$ ই. ষ্ট্যা. উ. থাকে। দেখা গিয়াছে যে গ্যাসীয় অবস্থায় সকল প্রকার মৌলিক পদার্থের ভিতর দিয়া এইরূপ ভাবে যে কোন ধাতুর নির্মিত ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে একই প্রকার ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত কণা বা ইলেকট্রন-রশ্মির সৃষ্টি হয়। অতএব যে-কোন মৌলিক পদার্থের পরমাণুর সাধারণ উপাদান হইল ইলেকট্রন। এই পরীক্ষার পরে পরমাণু অখণ্ডনীয় এবং অভেদ্য-ডাল্টনের এই তত্ত্ব—আর মানিয়া লওয়া যায় না।

প্রোটন (Proton) : পরমাণুর ভিতর ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট কণা আছে, কিন্তু পরমাণু তড়িৎ-নিরপেক্ষ। অতএব পরমাণুর ভিতর নিশ্চয়ই ধনাত্মক তড়িৎ-শক্তিবিশিষ্ট কণা আছে। এই ধারণা হইতেই পদার্থবিদ্‌গণ নানাপ্রকার পরীক্ষা আরম্ভ করেন। 1886 খৃষ্টাব্দে গোল্ডষ্টাইন অতি নিম্ন চাপে অত্যল্প পরিমাণ বায়ুযুক্ত কাচের নলে তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিবার জন্য ব্যবহৃত ক্যাথোডে একটি ছিদ্র করিয়া দেন এবং এই ছিদ্রপথে একপ্রকার রশ্মি ক্যাথোড অতিক্রম করিয়া বাহির হইয়া যায়। এই রশ্মির নাম দেওয়া হয় "পজিটিভ রে" (Positive Ray)। পরীক্ষার দ্বারা জানা যায় যে এই রশ্মি ধনাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট কণার সমষ্টি। এই কণা-

বিশিষ্ট রশ্মি অ্যানোড হইতে ক্যাথোডের দিকে চলিতে থাকে এবং ইহার কণাগুলি ইলেক্‌ট্রনের তুলনায় অনেক বেশী ভারী। ইহাদের ভিতর যে ধনাত্মক তড়িৎশক্তি-বিশিষ্ট কণাগুলি সর্বাপেক্ষা লঘু তাহা হাইড্রোজেন গ্যাস কাচের নলে রাখিলে পাওয়া যায়। তাহার ওজন প্রায় হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের (1.67×10^{-24} গ্রাম) সমান এবং ইহাতে অবস্থিত তড়িৎশক্তি ইলেক্‌ট্রনে অবস্থিত তড়িৎশক্তির সমান, কিন্তু বিপরীতধর্মী। বৈজ্ঞানিকেরা এই প্রকার কণার নাম দিয়াছেন **প্রোটন** (Proton)। এই পরীক্ষা হইতে বোঝা গেল যে পরমাণুর গঠনের আর একটি মূল উপাদান হইল প্রোটন।

নিউট্রন (Neutron):—1920 খৃষ্টাব্দে রথারফোর্ড (Rutherford) প্রথম একটি তড়িৎশক্তিবিহীন মূল কণার অস্তিত্ব সম্বন্ধে নানা প্রকার জল্পনা-কল্পনা করেন, কিন্তু ঐ প্রকার কণার অস্তিত্বের কোন সন্তোষজনক পরীক্ষামূলক প্রমাণ 1930 খৃষ্টাব্দ পর্যন্ত পাওয়া যায় না। 1930 খৃষ্টাব্দে বুথ এবং বেকার (Booth and Becker) প্রথমে বেরিলিয়ামের উপর তেজস্ক্রিয় পদার্থ হইতে উৎপন্ন α-কণা চালনা করিয়া একটি অনেক শক্তিশালীভাবে অনুপ্রবেশ্য রশ্মি উৎপাদন করিতে সমর্থ হন। এই রশ্মি আইরিণ কুরি এবং জোলিও (Irene Curie and Joliot) 1932 খৃষ্টাব্দে বিশেষভাবে পরীক্ষা করেন। 1932 খৃষ্টাব্দে শ্যাডউইক (Chadwick) প্রথম এই রশ্মিতে হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের সমান ওজনবিশিষ্ট তড়িৎশক্তিবিহীন কণার অস্তিত্ব সম্বন্ধে মত প্রকাশ করেন এবং কিছু পরে ঐ মত সত্য বলিয়া প্রমাণিত হয়। এই কণাগুলির শ্যাডউইক নামকরণ করেন **নিউট্রন** (Neutron)। প্রত্যেক পরমাণুর ভিতর [এক সাধারণ (common) হাইড্রোজেনের পরমাণু ছাড়া] নিউট্রন বিদ্যমান এবং উহাও পরমাণুর একটি মূল উপাদান। পরমাণুতে ইহার অবস্থিতি দ্বারা কেবল পরমাণুর ওজন বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। নিউট্রনে কোন প্রকার তড়িৎশক্তি না থাকায় ইহা পরমাণুর ভিতর দিয়া সহজেই অতিক্রম করে এবং ইলেক্‌ট্রনের সহিত ইহার কোন প্রকার আকর্ষণ বা বিকর্ষণ সংঘটিত হয় না। সেই কারণেই নিউট্রনের অনুপ্রবেশের ক্ষমতা অনেক বেশী।

পজিট্রন (Positron or Positive electron):—1925 খৃষ্টাব্দে ডিরাক (Dirac) প্রথম আঙ্কিক গণনায় ধনাত্মক তড়িৎশক্তির এক একক-পরিমাণ যুক্ত কণার ব্যবহার করেন, কিন্তু তখন সেই প্রকার কোন কণার অস্তিত্ব প্রমাণিত হয় নাই। কিন্তু 1932 খৃষ্টাব্দে অ্যাণ্ডারসন্ (Anderson) জাগতিক রশ্মি

(Cosmic rays) লইয়া পরীক্ষা করিবার সময় এই প্রকার কণা বহির্জগৎ হইতে পৃথিবীতে বর্ষিত হইবার বিষয় অবগত হন। এই জাগতিক রশ্মিতে নানা প্রকার তড়িৎশক্তিযুক্ত কণা অতি দ্রুত চলিতে দেখা যায় এবং কণাগুলির ফটোগ্রাফে পজিট্রনের অস্তিত্ব আবিষ্কৃত হয়। ব্ল্যাকেট এবং অখিয়ালিনি (Blackett and Occhialini) এই বিষয়ে আরও পরীক্ষা করিয়া দেখান যে প্রতিটি পজিট্রনের সহিত একটি করিয়া ইলেক্‌ট্রনও উক্ত জাগতিক রশ্মিতে দেখিতে পাওয়া যায়। পজিট্রন অতিশয় দুঃস্থিত কণা; এইজন্য ইহা এতদিন আবিষ্কৃত হয় নাই। ইলেকট্রন হইতে পজিট্রন স্থায়িত্ব হিসাবে বিভিন্নতা দেখায়, কিন্তু ওজনে (হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{1840}$ ভগ্নাংশ) এবং এক একক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট হওয়া বিষয়ে ইহারা একই প্রকার, কিন্তু ইহারা বিভিন্ন তড়িৎধর্মী। তবে পজিট্রন পরমাণুর গঠনে কিভাবে বিন্যস্ত আছে তাহা জানা আজও সম্ভব হয় নাই।

পরমাণুর গঠন (Structure of the Atom) :—

প্রথম জে. জে. টমসন্ পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে বলেন যে ধনাত্মক-তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট একটি অতি ক্ষুদ্র গোলকের চারি ধারে ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট ইলেকট্রনগুলি বৃত্তাকারপথে বিন্যস্ত হইয়া পরমাণু গঠিত হইয়াছে। কিন্তু ইহাতে পরমাণুর ওজন বা তাহার ধর্ম সম্বন্ধে কিছুই বুঝা যায় না। তাই পরমাণুর ভিতর অবস্থিত ধনাত্মক বিদ্যুৎশক্তির আধার (যাহা পরমাণু অপেক্ষা ছোট) জানিবার জন্য তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে উৎপন্ন α-কণা জড় পদার্থের উপর চালনা করা হয়। এই α-কণা জড় পদার্থের ভিতর দিয়া যাইবার সময় পরমাণুর কোন অংশের সহিত অথবা পরমাণুর সহিত সংঘর্ষের ফলে পথ হইতে বিচ্যুত হইতে পারে অথবা অন্য কোন প্রকার ফল দেখাইতে পারে। 1901 খৃষ্টাব্দে গিগার এবং মার্সডেন (Geiger and Marsden) প্রথমে α-কণা অতি পাতলা (0·0004 সেন্টিমিটার গভীরতা-বিশিষ্ট) সোণার পাতের উপরে চালনা করেন। তাহাতে দেখা যায় যে বেশীর ভাগ α-কণাই মাত্র $-0{\cdot}87^\circ$ দ্বারা বক্রী হয়, কিন্তু সামান্য কিছু α-কণা অনেক বড় কোণে বক্রী হয় অথবা কতকগুলি একেবারেই যে পথে যায় সেই পথেই ফিরিয়া আসে। 20,000এর ভিতর 1টি α-কণা গড়ে 90″ কোণে বক্রী হইতে দেখা যায়। পরীক্ষার এই ফলগুলি টমসনের পরমাণুর গঠনসম্পর্কে তত্ত্বদ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না।

রাদারফোর্ড (1911) এই ফলগুলি হইতে পরমাণু গঠনের নিউক্লিয়াসঘটিত তত্ত্ব (nuclear theory) গড়িয়া তোলেন। যেহেতু α-কণার ওজন ইলেক্‌ট্রনের

ওজনের প্রায় 7000 গুণ, তাই ইলেকট্রনের সহিত সংঘর্ষ হওয়ার ফলে ∝-কণা অতবড় কোণে বক্রী হইতে পারে না, এবং যে পথে গা চালিত হয়ে সেই পথে ফিরিয়া আসিতে হইলে উহার সমান ওজনের পদার্থের সহিত সংঘর্ষ হওয়াই সম্ভব। রাদারফোর্ড বলেন যে এই পরীক্ষার ফল হইতে বুঝা যায় যে পরমাণুর সমস্ত ওজন এবং সমস্ত ধনাত্মক তড়িৎশক্তি একটি ছোট নিউক্লিয়াসে (nucleus) বর্তমান এবং তাহার চতুর্দিকে অনেক দূরে দূরে ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট ইলেকট্রনগুলি বিন্যস্ত। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে ধনাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট কণার একককে প্রোটন বলা হয়। রাদারফোর্ড পরমাণুর গঠন সম্পর্কে বলেন যে প্রত্যেক পরমাণুর ওজনের সমান প্রোটন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে বর্তমান এবং উহার চতুর্দিকে বিভিন্ন বৃত্তাকার পথে ইলেকট্রনগুলি ঘূর্ণায়মান অবস্থায় বর্তমান। কিন্তু ইতিমধ্যে 1913 খৃষ্টাব্দে মস্‌লে (Moseley) প্রমাণ করেন যে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে বিভিন্ন পরিমাণ ধনাত্মক তড়িৎশক্তি বর্তমান এবং এই তড়িৎশক্তির পরিমাণ হইল পারমাণবিক ওজনের প্রায় অর্ধেক। ইহাকেই **পারমাণবিক সংখ্যা** (atomic number) আখ্যা দেওয়া হয়। তাহা হইলে নিউক্লিয়াসে পরমাণুর ওজনের সমসংখ্যক প্রোটন বিদ্যমান থাকিলে উহার পারমাণবিক সংখ্যাও পারমাণবিক ওজনের সমান হয়। এই পরস্পর বিরোধী ফলের সমাধান রাদারফোর্ড করেন নিউক্লিয়াসে ইলেকট্রনের অস্তিত্ব ধরিয়া। তিনি বলেন যে পরমাণুর নিউক্লিয়াসে যতটি প্রোটন আছে তাহার কিছুটার ধনাত্মক তড়িৎশক্তি নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ইলেকট্রনের ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি দ্বারা প্রশমিত অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং পারমাণবিক সংখ্যার সমান প্রোটন ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত অবস্থায় থাকে।

রাদারফোর্ডের এই প্রকার পরমাণুর গঠন সম্পর্কে অভিমত বোর (Bohr) 1913 খৃষ্টাব্দে বিশদভাবে আলোচনা করেন এবং বলেন যে ধনাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট নিউক্লিয়াসের চারিদিকে ইলেকট্রনগুলি ঘুরিতে ঘুরিতে ক্রমশঃ তেজহীন হইবে এবং তখন ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত নিউক্লিয়াসে গিয়া পড়িবে। তাই রাদার ফোর্ডের অনুমান মত পরমাণু স্থায়ী হইতে পারে না। বোর তখন "কোয়ান্টম তত্ত্ব" (Quantum theory) প্রয়োগ করিয়া পরমাণুর গঠন সম্বন্ধে বলেন যে পরমাণুর গঠনে উহার মধ্য বিন্দুতে অবস্থিত ধনাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট নিউক্লিয়াসের চারিদিকে ডিম্বাকৃতি বিভিন্ন বিশিষ্ট-তেজযুক্ত পথে (quantised orbits) ইলেকট্রনগুলি ঘুরিতেছে। তাই এইভাবে ঘূর্ণায়মান থাকিলেও ইলেকট্রনগুলির তেজ নষ্ট

হয় না, এবং তাহারা নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক বিদ্যুৎশক্তি দ্বারা আকর্ষিত হইয়া উহার ভিতর পড়িয়া যায় না।

এই পর্যন্ত হইল পরমাণু-গঠনের রাদারফোর্ড-বোর তত্ত্ব (Rutherford-Bohr Theory of Atomic structure)। কিন্তু ইহাতেও পরমাণুর সমস্ত ধর্ম ব্যাখ্যা করা সম্ভব হয় নাই। 1932 খৃষ্টাব্দের পর নিউট্রন আবিষ্কৃত হওয়ার ফলে রাদারফোর্ড-বোরের (Rutherford—Bohr model) পরিমাণুর চিত্র আবার কিছুটা পরিবর্তিত হইয়াছে। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন এবং ইলেক্ট্রনের অস্তিত্ব না ধরিয়া এখন বলা হয় যে নিউক্লিয়াসে পারমাণবিক সংখ্যার সমান প্রোটন এবং বাকীটা নিউট্রন আছে, যাহাতে উভয়ের ওজনের সমষ্টি পারমাণবিক ওজনের সমান হয়।

অতএব বর্তমানে পরমাণুর গঠন সম্পর্কে নিম্নলিখিতরূপে ধারণা করা হয়:—

(1) প্রত্যেক পরমাণুর মধ্যস্থলে একটি অতি ক্ষুদ্র গুরুভার কেন্দ্র বর্তমান; উহাকে **নিউক্লিয়াস** (nucleus) বলে। পরমাণুর প্রায় সমস্ত ওজন এই কেন্দ্রে বা নিউক্লিয়াসে ঘনীভূত হইয়া থাকে। এই নিউক্লিয়াস প্রোটন এবং নিউট্রনের সমন্বয়ে গঠিত এবং সর্বদাই ধনাত্মক তড়িৎযুক্ত; এই নিউক্লিয়াসে প্রোটন এবং নিউট্রন পুঞ্জীভূত অবস্থায় আছে। সৌরজগতের কেন্দ্রে যেমন সূর্য বিদ্যমান, পরমাণুর কেন্দ্রে সেইরূপ নিউক্লিয়াস বিদ্যমান। আবার সূর্যের চারিদিকে যেমন সূর্যের আকর্ষণে গ্রহগণ বিভিন্ন নির্দিষ্ট কক্ষে অতি দ্রুতগতিতে চক্রাকারে পরিভ্রমণ করে, সেইরূপ ধনাত্মক বিদ্যুৎ-পরিবাহী অধিক ওজনবিশিষ্ট নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে অতি কম ওজনবিশিষ্ট ঋণাত্মক বিদ্যুৎ-পরিবাহী ইলেক্ট্রনসমূহ নির্দিষ্ট কক্ষে অতি দ্রুত চক্রাকারে পরিভ্রমণ করে। ইলেক্ট্রনসমূহ বিভিন্ন গতিপথে বিন্যস্ত থাকে, যেমন একটি একটি গ্রহের এক একটি বিভিন্ন পরিভ্রমণ-পথ সৌরজগতে আছে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে নিউট্রনের কোন প্রকার বিদ্যুৎমাত্রা নাই, কিন্তু প্রত্যেকটি প্রোটনে ধনাত্মক বিদ্যুৎশক্তির একটি একক বর্তমান আছে। তাই নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যা দ্বারা পরমাণুর নিউক্লিয়াসের ধনাত্মক বিদ্যুতের এককের সংখ্যা নির্ধারিত হয়। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ধনাত্মক বিদ্যুতের এককের পরিমাণকেই সেই মৌল পদার্থের **পরমাণু-সংখ্যা বা-পরমাণু-ক্রমাঙ্ক** (Atomic Number) বলে। যাহাকে আমরা পরমাণুর ওজন বলি তাহা পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটন এবং নিউট্রনের সংখ্যার যোগফল মাত্র।

দ্রষ্টব্য :—ভ্যানডেন ব্রোয়েক (Vanden Broek) ১৯১৩ খ্রীষ্টাব্দে প্রথম এই পরমাণু-ক্রমাঙ্ক (atomic number) কথাটি ব্যবহার করেন। ইহা দ্বারা তিনি মৌলের পর্যায়সারণীতে হাইড্রোজেন ১, হিলিয়াম ২, লিথিয়াম ৩ ইত্যাদি করিয়া গণনা করিয়া তাহার যে ক্রমিক সংখ্যা হয় তাহাকেই বুঝাইয়াছিলেন। মোসলে (Mosley) 1913 খৃষ্টাব্দে মৌলের রঞ্জনরশ্মিঘটিত স্পেকট্রাম (X'ray spectra of elements) হইতে দেখান যে মৌলের উক্ত প্রকার ক্রমিক সংখ্যা তাহার নিউক্লিয়াসে অবস্থিত ধনাত্মক বিদ্যুতের এককের পরিমাণের সমান। তাই বর্তমানে যে কোন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ককে তাহার পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যাকে বুঝায়।

(2) কোনও মৌলের পরমাণুতে অবস্থিত ইলেক্ট্রনের সংখ্যা নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যার সমান। প্রত্যেক ইলেক্ট্রনে একটি করিয়া ঋণাত্মক বিদ্যুতের একক বর্তমান। তাই সমগ্র পরমাণুটি মোটের উপর তড়িৎ-উদাসীন। আবার কোন মৌলের পরমাণুতে ইলেকট্রনের সংখ্যা তাহার নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যার সমান, সুতরাং মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক=মৌলের পরমাণুতে অবস্থিত ইলেকট্রনের সংখ্যা।

(3) পরমাণুর নিউক্লিয়স ও ইলেক্ট্রনের পরিভ্রমণপথের ভিতর এবং ইলেকট্রনগুলির পরস্পরের ভিতর যথেষ্ট ব্যবধান আছে। অর্থাৎ পরমাণু নিরেট নয়।

(4) বিভিন্ন মৌলের পরমাণুতে বিভিন্নসংখ্যক প্রোটন, নিউট্রন এবং ইলেকট্রন থাকে। সাধারণ হাইড্রোজেনের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে মাত্র একটি প্রোটন আছে এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে একটি নির্দিষ্টপথে একটিমাত্র ইলেকট্রন চক্রাকারে ঘুরিতেছে। তাহার পরবর্তী মৌল হিলিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক ২, এবং পারমাণবিক ওজন ৪, তাই হিলিয়ামের নিউক্লিয়াসে ২টি প্রোটন, ২টি নিউট্রন এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে একটি কক্ষে ২টি ইলেকট্রন আছে। ইহা হইতে বুঝা যায় যে মৌলের নিউক্লিয়াসে **নিউট্রনের সংখ্যা=মৌলের পারমাণবিক ওজন—পরমাণু-ক্রমাঙ্ক।**

(5) একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক বিদ্যুৎ-পরিবাহী প্রোটনের সংখ্যা একই থাকে, কিন্তু নিউট্রনের সংখ্যা বিভিন্ন হয়। যেমন ক্লোরিণের দুইটি বিভিন্ন ওজনের পরমাণু পাওয়া যায় যাহাদের পরমাণবিক ওজন যথাক্রমে হাইড্রোজেনের পরমাণুর ওজনের ৩৫ গুণ ও ৩৭ গুণ। ইহাদের রাসায়নিক ধর্মে কোন পার্থক্য দেখা যায় না। যেহেতু ক্লোরিণের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইল 17, তাই হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজনের 35 গুণ ওজনবিশিষ্ট পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 17টি প্রোটন এবং 18টি নিউট্রন থাকে, আর 37 গুণ ওজনবিশিষ্ট

পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 17টি প্রোটন এবং 20টি নিউট্রন থাকে। এইরূপ বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট একই মৌলের পরমাণুকে **সমস্থানিক** বা **আইসোটোপ** (Isotopes) বলে।

(6) মৌলের পরমাণতে অবস্থিত ইলেকট্রনসমূহ বিভিন্ন সমকেন্দ্রবিশিষ্ট কিন্তু ক্রমবর্ধমান ব্যাসের প্রায় গোলাকার নির্দিষ্ট তেজবিশিষ্ট কক্ষে (in quantised orbits or shells). ঘুরিতেছে। এইরূপ কক্ষের সর্বোচ্চ সংখ্যা সাত। এই কক্ষগুলিকে নিউক্লিয়াস হইতে যথাক্রমে K, L, M, N, O, P এবং Q আখ্যা দেওয়া হইয়াছে। প্রত্যেক কক্ষে বৃত্তাকারে পরিভ্রমণশীল ইলেকট্রনের সংখ্যা নির্দিষ্ট। K কক্ষে (K-shell) সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা 2 ; L-কক্ষে (L-shell) সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা 8 ; M কক্ষে (M-shell) যদিও আরগন্, পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়ামের পরমাণুর বেলায় সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা 8, কিন্তু তাহার পর হইতে উক্ত M-কক্ষে পরমাণু-ক্রমাঙ্ক স্ক্যানডিযাম হইতে এক এক করিয়া বৃদ্ধির সহিত ইলেকট্রন সংখ্যাও এক এক করিয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া সর্বোচ্চ 18 পর্যন্ত হইতে পারে। সেই প্রকারে N-কক্ষে (N-shell) সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা 32 হইতে দেখা যায়। O-এবং P-কক্ষে (O-and P-shell) সর্বোচ্চ ইলেকট্রন সংখ্যা দেখা যায় 18। লঘুতম মৌল হাইড্রোজেনের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইল 1 এবং গুরুতম ইউরেনিয়ামের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইল 92 এবং হাইড্রোজেন হইতে ইউরেনিয়াম পর্যন্ত মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে ধনাত্মক বিদ্যুতের পরিমাণ এক একক হইতে এক এক একক করিয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইয়া 92 একক পর্যন্ত আসে। ইউরেনিয়ামের পরমাণুতে উহার নিউক্লিয়াসের বাহিরে 92টি ইলেকট্রন বিভিন্ন কক্ষে নিম্নলিখিতক্রমে সাজান আছে, যথা

K	L	M	N	O	P	Q
2	8	18	32	18	8	6

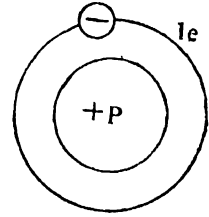
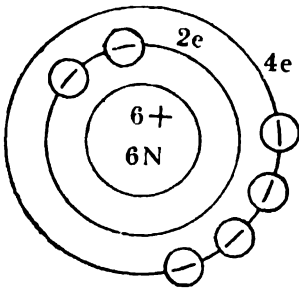
দ্রষ্টব্য :—(ক) ইলেকট্রনের গতিবেগ অত্যন্ত অধিক—প্রতি সেকেণ্ডে $2 \cdot 18 \times 10^{8}$ সেন্টিমিটার (প্রায় 1200 মাইল)। (খ) নিউক্লিয়াসের ব্যাস হইল সমস্ত পরমাণুর ব্যাসের 10,000 ভাগের এক ভাগ, অর্থাৎ পরমাণুর ব্যাস যদি 10^{-8} সেন্টিমিটার বা তাহার কাছাকাছি হয় তবে নিউক্লিয়াসের ব্যাস 10^{-12} সেন্টিমিটার হইবে। পরমাণুর ভিতরটা যে নিরেট নয়, ফাঁপা, তাহা উপরে উল্লিখিত ব্যাসের পরিমাপ হইতে বুঝা যায়। (গ) ইলেকট্রনের ব্যাস হইল 10^{-13} সেন্টিমিটার এবং ইহার ওজন হইল $9 \cdot 1 \times 10^{-28}$ গ্রাম। (ঘ) প্রোটনের ব্যাস হইল 10^{-13} সেন্টিমিটার এবং ইহার ওজন হইল $1 \cdot 67 \times 10^{-24}$ গ্রাম। (ঙ) ইলেকট্রনে এবং প্রোটনে তড়িৎমাত্রা হইল যথাক্রমে—$1 \cdot 6 \times 10^{-19}$

কুলম্ব এবং $+1{\cdot}6\times10^{-19}$ কুলম্ব। উভয়ের তড়িৎমাত্রা একই পরিমাণ কেবল পরস্পর তাহারা ভিন্নধর্মী। (চ) পজিট্রন (ইলেকট্রনের সমান ওজনবিশিষ্ট ধনাত্মক তড়িৎ একমাত্রা যুক্ত কণা) আবিষ্কৃত হওয়ার ফলে ইলেকট্রনের নাম এখন অনেকে **নেগেট্রন** প্রচলন করিয়াছেন। (ছ) নিউট্রন তড়িৎমাত্রাবিহীন কণা এবং ইহার ওজন প্রোটনের সমান, যথা $1{\cdot}67\times10^{-24}$ গ্রাম।

পরমাণুর গঠনের দৃষ্টান্তঃ—নিম্নে ছবিতে P দ্বারা প্রোটন, **N** দ্বারা নিউট্রন, e দ্বারা ইলেকট্রন বুঝান হইয়াছে এবং তাহাদের সংখ্যা তাহাদের পূর্বের সংখ্যার অঙ্ক যোগ করিয়া দেখান হইয়াছে। পরমাণুর ওজন হইবে (P+N) এর যুক্ত সংখ্যা এবং মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইবে P অথবা e-এর সমগ্র সংখ্যা।

সাধারণ হাইড্রোজেনের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন এবং প্রথম K-কক্ষে একটি ইলেকট্রন থাকে। ইহার নিউক্লিয়াসে কোন নিউট্রন নাই। অতএব হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ওজন হইল 1 এবং পরমাণু-ক্রম হইল 1, কিন্তু সাধারণ হাইড্রোজেনের দুইটি সমস্থানিক (Isotope) আছে। একটি ভারি হাইড্রোজেন (Heavy Hydrogen) বা ডয়টেরিয়াম (Deuterium)। ইহার পারমাণবিক ওজন হইল 2, কিন্তু পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 1। তাই ইহার নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন এবং একটি নিউট্রন আছে এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে K কক্ষে একটি ইলেকট্রন আছে। হাইড্রোজেনের এই সমস্থানিক প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

চিত্র নং—14

কিন্তু ইহার অন্য সমস্থানিকটি, যাহা টিট্রিয়াম (Titrium) নামে পরিচিত তাহা প্রকৃতিতে নগণ্য পরিমাণে থাকে, কিন্তু তাহা কৃত্রিমভাবে প্রস্তুত করা হইয়াছে। তাহার পারমাণবিক ওজন হইল 3, কিন্তু পরমাণু ক্রমাঙ্ক হইল 1। অতএব ইহার নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা হইল 1, এবং নিউট্রনের সংখ্যা 2, এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে K-কক্ষে 1 ইলেকট্রন আছে।

চিত্র নং—15

কার্বনের পারমাণবিক ওজন হইল 12, এবং ইহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইল 6। তাই কার্বনের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা হইল 6 এবং নিউট্রন সংখ্যাও 6,

আর নিউক্লিয়াসের বাহিরে ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা 6 এবং এই 6টি ইলেকট্রন দুইটি কক্ষে সজ্জিত, K-কক্ষে 2 এবং L-কক্ষে 4। ইলেক্‌ট্রনগুলির গতিপথ বিভিন্ন চক্রাকার কক্ষে যদিও একই বলা হয়, কিন্তু প্রকৃতপক্ষে উহাদের গতিপথ এক নয়। K-কক্ষের ইলেকট্রন দুইটির গতিপথের ব্যাস সমান। কিন্তু উহারা বিভিন্ন সমতলে ঘুরিয়া থাকে। সেইপ্রকার পরবর্তী L-কক্ষের চারিটি ইলেকট্রনের গতিপথ সমান ব্যাসের হয়, কিন্তু তাহারা বিভিন্ন সমতলে ঘোরে।

সমস্ত মৌলিক পদার্থের প্রত্যেকটির পরমাণুর গঠন এখন জানা গিয়াছে। পরীক্ষা দ্বারা তাহাদের প্রত্যেকটির পরমাণু ক্রমাঙ্ক, ইলেকট্রনের সংখ্যা ও তাহাদের বিন্যাস, তাহাদের নিউক্লিয়াসে নিউট্রন সংখ্যা সমস্তই স্থিরীকৃত হইয়াছে। হাইড্রোজেন হইতে আরম্ভ করিয়া যেমন পরমাণু-ক্রমাঙ্ক এক এক করিয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, সঙ্গে সঙ্গে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুতে একটি করিয়া প্রোটন এবং একটি করিয়া ইলেকট্রন যোগ হয়। যথা, হিলিয়াম হইল হাইড্রোজেনের পরবর্তী মৌল, তাহার পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা হাইড্রোজেন অপেক্ষা এক বেশী, নিউক্লিয়াসের বাহিরে অবস্থিত ইলেকট্রনও একটি বেশী। লিথিয়াম হইল তৃতীয় মৌল, এখানে নিউক্লিয়াসে আর একটি প্রোটন যোগ হইল এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে দ্বিতীয় কক্ষে একটি ইলেকট্রনও যোগ হইল। নিউক্লিয়াসে নিউট্রন যোগ করিয়া পরমাণুর ওজন পাওয়া যায়। এইভাবে প্রত্যেক মৌলের বেলাতেই বলা যায়। যেমন, সোডিয়ামের পারমাণবিক ওজন হইল 23, এবং ইহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক হইল 11 ; তাই ইহার পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 11টি প্রোটন এবং 12টি নিউট্রন আছে এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে 11টি ইলেকট্রন K-কক্ষে 2টি, L-কক্ষে 8টি এবং M-কক্ষে 1টি এইভাবে সাজানো আছে।

এইভাবে পরমাণুর গঠন বিবৃত করিলে দুইটি প্রশ্ন স্বতঃই মনে উদয় হয় :—(i) ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী ইলেকট্রন বিপরীত তড়িৎধর্মী অর্থাৎ ধনাত্মক তড়িৎধর্মী নিউক্লিয়াসের দ্বারা আকৃষ্ট হওয়ার সমূহ সম্ভাবনা থাকা সত্ত্বেও নিউক্লিয়াসের সহিত মিলিত না হইয়া উহার বাহিরে ঘুরিতে থাকে কেন? ইহার উত্তরে বলিতে হয় যে ইলেকট্রনগুলি চক্রাকারে ঘুরিতে থাকার জন্য উহাদের মধ্যে একটি কেন্দ্রাতিগ (centrifugal) শক্তির সৃষ্টি হয়। এই শক্তি ইলেকট্রনগুলিকে বাহিরের দিকে লইয়া যাইতে চেষ্টা করে। আবার বিপরীতধর্মী নিউক্লিয়াস দ্বারা ইলেক্‌ট্রনগুলি

ভিতরের দিকে আকৃষ্ট হয়। এই দুই বিপরীতমুখী বলের সামঞ্জস্য রক্ষা করিয়া ইলেকট্রনগুলি নির্দিষ্ট পথে ঘুরিতে থাকে। (ii) আবার নিউক্লিয়াসে একাধিক ধনাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট প্রোটন কিভাবে পরস্পরকে বিকর্ষণ (repel) না করিয়া একত্র কিভাবে অবস্থান করিতে পারে? প্রত্যেকটি প্রোটনের ভিতর যদি বিকর্ষণ প্রবল হইয়া উঠে তাহা হইলে নিউক্লিয়াস ভাঙ্গিয়া যাওয়াই স্বাভাবিক। কিন্তু বৈজ্ঞানিক হাইসেনবার্গ (Heisenberg) দেখাইয়াছেন যে নিউট্রন এবং প্রোটন অতিশয় সংকীর্ণস্থানে ঠাসাঠাসি করিয়া থাকার ফলে নিউট্রন এবং প্রোটনের ভিতর একটি বিশেষ প্রবল আকর্ষণ দেখা দেয় এবং এই আকর্ষণী শক্তির উদ্ভব হয় নিউট্রন এবং প্রোটনের পারস্পরিক নিরন্তর রূপান্তর সংঘটিত হওয়ায়। কিন্তু যে সমস্ত পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন ও নিউট্রনের সংখ্যা অত্যন্ত বেশী, সেখানে পরমাণুর নিউক্লিয়াস অস্থায়ী এবং স্বতঃভঙ্গুর হইয়া যায়। উদাহরণস্বরূপ রেডিয়াম এবং ইউরেনিয়ামের পরমাণুর কথা উল্লেখ করা যায়। এই মৌল দুইটির পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে স্বতঃই আলফা-রশ্মি (α-rays) অথবা ধনাত্মক তড়িৎপরিবাহী কণা (যাহা বর্তমানে দুইটি ইলেকট্রন হইতে বিমুক্ত হিলিয়াম পরমাণু বলিয়া স্বীকৃত হইয়াছে) বাহির হইয়া আসে। এই আলফা-রশ্মি বাহির হইয়া যাওয়ার ফলে নিউক্লিয়াসের পরিবর্তন ঘটে এবং এই পরিবর্তনের ফলে নূতন পরমাণুর উদ্ভব হয়। নিউক্লিয়াসের সাম্যাবস্থা না আসা পর্যন্ত উহা এইভাবে ভাঙ্গিতে থাকে। ইহাকেই **তেজষ্ক্রিয়া** (Radioactivity) বলে। এসম্বন্ধে পরে একটু বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে। পরমাণু সম্বন্ধে আর একটি বিষয় পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে। কোনও একটি মৌলিক পরমাণুর নিউক্লিয়াসে প্রোটন সংখ্যা স্থিরাঙ্ক, কিন্তু নিউটনের সংখ্যার হ্রাস বৃদ্ধি হইয়া থাকে। তাহাতে একস্থানিকের (Isotopes) উৎপত্তি হয়। (এই অধ্যায়ের শেষে দেখ।)

কিন্তু পূর্বেই উল্লেখ করা হইয়াছে যে, যে কোন মৌলের পরমাণুতে মোট নিউক্লিয়াস বহির্ভূত ইলেকট্রন সংখ্যা তাহার পরমাণু-ক্রমাঙ্কের সমান। যদিও অবস্থাবিশেষে O, M, P-স্তরে 18টি, এবং N-স্তরে 32টি ইলেকট্রন থাকিতে পারে, তাহা হইলেও সর্ববহিঃস্থ চক্রপথে 8-টির বেশী ইলেকট্রন থাকে না। ভিন্ন-ভিন্ন মৌলের পরমাণু-ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে উহাদের নিউক্লিয়াসের বহিঃস্থ ইলেকট্রনের সংখ্যাও বৃদ্ধি পাইয়া থাকে, এবং ক্রমে ক্রমে K, L, M, প্রভৃতি স্তরগুলি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ হইয়া থাকে। নিম্নে প্রথমে 20টি মৌলের ইলেকট্রন-

বিন্যাস দেখান হইল এবং তাহা হইতে উপরে লিখিত বিষয় সহজেই বোধগম্য হইবে :

মৌলিক পদার্থ	তাহাদের চিহ্ন	পরমাণু ক্রমাঙ্ক	ইলেক্‌ট্রন বিন্যাস					
			K	L	M	N	O	P
হাইড্রোজেন	H	1	1					
হিলিয়াম	He	2	2					
লিথিয়াম	Li	3	2	1				
বেরিলিয়াম	Be	4	2	2				
বোরন	B	5	2	3				
কার্বন	C	6	2	4				
নাইট্রোজেন	N	7	2	5				
অক্সিজেন	O	8	2	6				
ফ্লুয়োরিণ	F	9	2	7				
নিয়ন	Ne	10	2	8				
সোডিয়াম	Na	11	2	8	1			
ম্যাগনেসিয়াম	Mg	12	2	8	2			
অ্যালুমিনিয়াম	Al	13	2	8	3			
সিলিকন	Si	14	2	8	4			
ফসফোরাস	P	15	2	8	5			
সলফার	S	16	2	8	6			
ক্লোরিণ	Cl	17	2	8	7			
আরগণ	Ar	18	2	8	8			
পটাসিয়াম	K	19	2	8	8	1		
ক্যালসিয়াম	Ca	20	2	8	8	2		

ক্যালসিয়ামের পরবর্তী মৌল স্ক্যানডিয়াম ; তাহার পরমাণু ক্রমাঙ্ক 21 ; কিন্তু তাহার ইলেকট্রন বিন্যাস 2, 8, 8, 3 না হইয়া 2, 8, 9, 2 দেখা যায়। এইখান হইতে M-স্তর 8টি ইলেকট্রন দ্বারা পরিপূর্ণ না হওয়ায় সেইখানে 1-টি ইলেকট্রন যোগ

হইল। এইভাবে Zn (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 30) পর্যন্ত মৌলে M-স্তর 18-টি ইলেকট্রন দ্বারা পরিপূর্ণ হইয়া যায়, Zn-এর নিউক্লিয়াস বহির্ভূত স্তরগুলিতে ইলেকট্রন বিন্যাস হইল 2, 8, 18, 2 ; স্ক্যানডিয়াম (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 21) হইতে জিঙ্ক (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 30) পযন্ত মৌলগুলিকে ট্র্যানজিসন্যাল (transitional) মৌল বলে। এইরূপ আর একটি ট্র্যানজিসন্যাল মৌলের সমাবেশ দেখা যায় ইটি্রয়াম (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 39) হইতে ক্যাডমিয়াম (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 48) পর্যন্ত এবং ক্যাডমিয়ামের পরমাণুতে ইলেকট্রন বিন্যাস হইল 2, 8, 18, 18, 2 ; পরের ট্র্যানজিসন্যাল মৌলপুঞ্জ হইল ল্যানথানম (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 57) হইতে মার্কারী (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 80)।

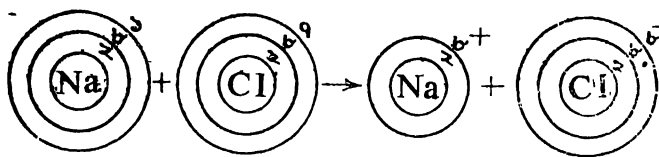
যোজ্যতার ইলেকট্রনীয় মতবাদ:—বার্জেলিয়াস (Barzelius) প্রথম বলেন যে মৌলের যোজ্যতা তৎসংশ্লিষ্ট তড়িৎশক্তির সহিত সম্বন্ধবিশিষ্ট। তাহার কারণ ঋণাত্মক-তড়িতাহিত (electronegative) মৌল ধনাত্মক-তড়িতাহিত (electropositive) মৌলের সহিত অতি সহজে মিলিত হয়। আর যখন একটি ধাতব অক্সাইড, যথা Na_2O, একটি অধাতব অক্সাইডের, যথা SO_3-এর সহিত সংযুক্ত হইয়া যৌগ উৎপন্ন করে, তখন Na_2Oএ অক্সিজেন দ্বারা সোডিয়ামের সমস্ত ধনাত্মক তড়িৎশক্তি প্রশমিত না হওয়ায় Na_2O-এর উপর একটু ধনাত্মক-তড়িৎশক্তি থাকিয়া যায়। সেইরূপ SO_3-এর উপর সামান্য ঋণাত্মক-তড়িৎশক্তি থাকিয়া যায়। তাই Na_2O এবং SO_3 মিলিত হইয়া Na_2SO_4 গঠন করে। আবার Na_2SO_4-এরও সামান্য যোজন-ক্ষমতা অবশিষ্ট থাকে। তাই উহা 10 অণু জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া $Na_2SO_4, 10H_2O$-এর কেলাস গঠন করে। এই মতবাদ পরে নানাকারণে পরিত্যক্ত হয়।

বর্তমানে মৌলের পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন সম্পর্কে উপরে লিখিত মতগুলি পরীক্ষামূলক ভিত্তিতে প্রতিষ্ঠিত হওয়ার সঙ্গে সঙ্গে যোজ্যতারও ইলেকট্রনীয় মতবাদ গড়িয়া উঠিতে থাকে। বৈজ্ঞানিকেরা মনে করেন যে প্রত্যেকটি পরমাণু তাহার বিভিন্ন ইলেকট্রনযুক্ত স্তরগুলিকে যথাসাধ্য ইলেকট্রনদ্বারা পরিপূরিত করিতে চায়। যে সমস্ত মৌলের পরমাণুর K, L, M, প্রভৃতি স্তরগুলি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ, রাসায়নিক দিক হইতে তাহারা সম্পূর্ণ নিষ্ক্রিয়। হিলিয়াম, নিয়ন, আরগন, ক্রিপটন ও জেনন (এবং রেডন্) প্রভৃতি বায়ুস্থ নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলির পরমাণুতে বিভিন্ন ইলেকট্রনযুক্ত স্তরগুলি সম্পূর্ণরূপে ইলেকট্রনদ্বারা পূর্ণ থাকায়—তাহারা কোন রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণ করে না।

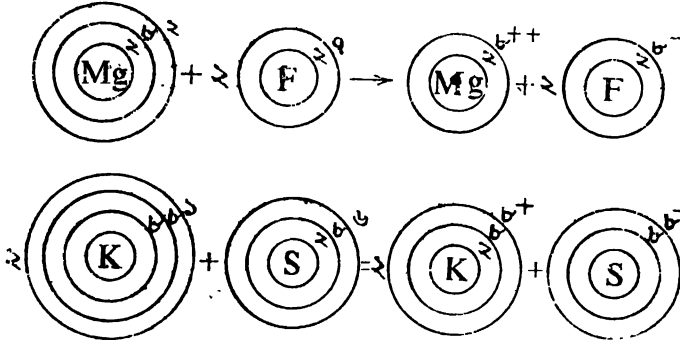
নিম্নে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলিতে বিভিন্নস্তরের ইলেক্‌ট্রন সমাবেশ দেখান হইল :—

নিষ্ক্রিয় গ্যাস	চিহ্ন	পরমাণু ক্রমাঙ্ক	ইলেকট্রন-বিভাগ						
			K	L	M	N	O	P	Q
হিলিয়াম	He	2	2						
নিয়ন	Ne	10	2	8					
আরগন	Ar	18	2	8	8				
ক্রিপটন	Kr	36	2	8	18	8			
জেনন্	Xe	54	2	8	18	18	8		
রেডন্	Rd	86	2	8	18	32	18	8	

সোডিয়াম, অক্সিজেন, ক্লোরিণ, কার্বন বা নাইট্রোজেন প্রভৃতি মৌলের পরমাণুর একেবারে বাহিরের স্তরে (outermost shell) আটটি অপেক্ষা কম ইলেকট্রন থাকে, এবং সেই স্তরটি ইলেকট্রন দ্বারা পূর্ণ করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মত গঠন পাইতে মৌলগুলি চেষ্টা করে। এই চেষ্টার ফলেই উক্ত মৌলগুলির যোজ্যতার উদ্ভব হয়। তাই যখন দুইটি পরমাণুর রাসায়নিক মিলন হয় তখন বস্তুতঃ উহাদের ইলেকট্রনগুলির স্বাভাবিক অবস্থানের পরিবর্তন হয় এবং যে ইলেকট্রনগুলি একেবারে বাহিরের স্তরে থাকে তাহারাই কেবল রাসায়নিক ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে। যে কোন মৌলের যোজ্যতা তাহার পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ স্তরের ইলেকট্রন-সংখ্যার উপর নির্ভর করে। রাসায়নিক সংযোগের সময় প্রত্যেক মৌলের পরমাণুগুলি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর অনুরূপ ইলেকট্রনীয় গঠন পাইতে চেষ্টা করে। ধনাত্মক তড়িতাহিত (electropositive) মৌলগুলি তাহাদের পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ কক্ষের ইলেকট্রন বা ইলেকট্রনগুলি ঋণাত্মক তড়িতাহিত (electronegative) মৌলগুলি পরমাণুকে দেয় এবং এইভাবে উভয়প্রকার মৌলেরই বহিঃস্থ কক্ষ আটটি ইলেকট্রনযুক্ত অবস্থায় আসার জন্য নিষ্ক্রিয় গ্যাসের মত উহারা সুস্থির অবস্থা প্রাপ্ত হয়। উদাহরণস্বরূপ, সোডিয়ামের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 11, ইহার পরমাণুতে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 11 এবং ইলেকট্রনের বিন্যাস হইল 2, 8, 1 ; আবার ক্লোরিণের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 17, ইহার পরমাণুতে মোট ইলেকট্রন সংখ্যা 17 এবং ইলেকট্রনের বিন্যাস হইল 2, 8, 7। তাই যখন

সোডিয়াম এবং ক্লোরিণের রাসায়নিক মিলন সংঘটিত হয়, সোডিয়ামের পরমাণু তাহার শেষ স্তর হইতে একটি ইলেকট্রন ক্লোরিণের পরমাণুকে দান করে এবং ক্লোরিণের পরমাণু উহা গ্রহণ করিয়া তাহার শেষ স্তরে রাখে। এইভাবে সোডিয়ামের পরমাণুর শেষ স্তরটি ৪টি ইলেকট্রন যুক্ত হয় এবং ক্লোরিণের শেষ স্তরও ৪টি ইলেকট্রন যুক্ত হয়। এইভাবে সুস্থিত যৌগ সোডিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। সুতরাং

চিত্র নং—16

দেখা যাইতেছে এইভাবে যৌগ উৎপন্ন হওয়ার সময় ইলেকট্রন দেওয়া লওয়া ব্যাপারটি এমনভাবে সম্পন্ন হয় যে উভয় পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর মত গঠন প্রাপ্ত হয়। ইহাতে আর একটি ব্যাপার যাহা সংঘটিত হয় তাহাও লক্ষ্য করিবার বিষয়। সোডিয়ামের পরমাণু একটি ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেওয়ায় ইহা সোডিয়াম আয়নে (ধনাত্মক তড়িৎ শক্তিযুক্ত) পরিণত হয় এবং ক্লোরিণের পরমাণু একটি ইলেকট্রন লওয়ার ফলে ইহা ক্লোরিণের আয়নে (ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি যুক্ত) পরিবর্তিত হয়। ইহার কারণ হইল ইলেকট্রন ঋণাত্মক বিদ্যুৎ পরিবাহী; তাই ধাতু-সকলের পরমাণু ইহাকে ত্যাগ করিয়া ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়ন দেয় এবং অধাতুর পরমাণু ইহাকে গ্রহণ করার ফলে ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়নে রূপান্তরিত হয়। ধাতু সকলের সর্ববহিঃস্থ স্তরে অপেক্ষাকৃত কম ইলেকট্রন থাকে (1, 2 অথবা 3), তাই ধাতব মৌলগুলি সহজেই উক্ত ইলেকট্রনগুলি অপরকে দান করে এবং তাহাতে নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পরমাণুর গঠন প্রাপ্ত হয়। অধাতব মৌলগুলির সর্ববহিঃস্থ স্তরে অধিক ইলেকট্রন থাকে (4, 5, 6 বা 7), তাই তাহারা 4, 3, 2 অথবা 1 ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পারমাণবিক গঠন প্রাপ্ত হয়। এইভাবে উৎপন্ন বিপরীত তড়িৎশক্তিযুক্ত ধাতু এবং অধাতুর আয়নগুলি পরস্পরের আকর্ষণে মিলিত হইয়া থাকে এবং তাহাতেই যৌগের অণুর সৃষ্টি হয়। কিন্তু এই প্রকারের আকর্ষণ হইতে আয়নগুলির ভিতর কোন দৃঢ় বন্ধনীর

(strong bond) উৎপত্তি হয় না, তাই উত্তাপ-প্রয়োগের ফলে গলিত অবস্থায় অথবা জলে উক্ত প্রকারে উৎপন্ন যৌগ দ্রবীভূত করিলে তড়িৎ ধর্মঘটিত আকর্ষণের হ্রাস হওয়ায় যুক্ত আয়নগুলি বিচ্ছিন্ন হইয়া পড়ে এবং তখন উহা তড়িৎ পরিবহনে অংশ গ্রহণ করে। এইখানে যে প্রকার যোজ্যতার প্রয়োগ দেখা যায় তাহাকে

চিত্র নং—17

ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা (Electrovalency) বলা হয়। উপরে আরও কয়েকটি উদাহরণ, যথা Mg F_2 এবং K_2S এর গঠন প্রণালী প্রদর্শিত হইল। এই ভাবের যোজ্যতার সাহায্যে উৎপন্ন যৌগকে ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা দ্বারা উৎপন্ন অথবা বিসম তড়িৎ-সংযোগে উৎপন্ন (Electrovalent বা heteropolar) যৌগ বলা হয়।

দ্রষ্টব্য : প্রথম নিষ্ক্রিয় গ্যাস হিলিয়াম (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 2), তাহার পরমাণুর বহিঃস্থ স্তরে মাত্র 2-টি ইলেকট্রন থাকে। তাই তাহার পরবর্তী 2টি ধাতব মৌল লিথিয়াম (পরমাণু ক্রমাঙ্ক 3) এবং বেরিলিয়াম (পরমাণুক্রমাঙ্ক 4) যথাক্রমে 1টি এবং 2টি ইলেকট্রন অপর মৌলকে দান করিয়া হিলিয়াম পরমাণুর গঠন প্রাপ্ত হয়। তাহাতেই ইহাদের আয়নের স্থায়িত্ব আসে এবং ইহাদের ইলেকট্রনের স্তর 8 না হইয়া 2টি ইলেকট্রনের স্তর হয়।

আবার অনেক ক্ষেত্রে দেখা যায় যে দুইটি পরমাণু (তাহা একই মৌলের হউক অথবা বিভিন্ন মৌলেরই হউক) সংযোজিত হইবার সময় প্রত্যেক পরমাণু হইতে একটি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া ইলেকট্রনযুগল সৃষ্টি করে এবং উক্ত ইলেকট্রনযুগল প্রত্যেক পরমাণুর ভিতর সাধারণ (common) হিসাবে থাকিয়া পরমাণু দুইটির রাসায়নিক মিলন সংঘটিত করে। এইভাবে ইলেকট্রন বিন্যাস হওয়ার ফলে দুইটি পরমাণুরই সর্ববহিঃস্তরে 8টি করিয়া ইলেকট্রন আসিয়া যায় এবং তাহাতে দুইটি পরমাণুই নিষ্ক্রিয় গ্যাসের পারমাণবিক গঠন পায়। দুইটি

পরমাণু এই অবস্থা প্রাপ্ত হইলে আর পরস্পরেব নিকট হইতে সহজে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে না। এইস্থলে কোন ইলেকট্রনের সম্পূর্ণরূপে একটি পরমাণু হইতে অন্য পরমাণুতে সংযোগ ও বিয়োগ না হওয়ার ফলে পরমাণু দুইটির তড়িৎ-মাত্রার

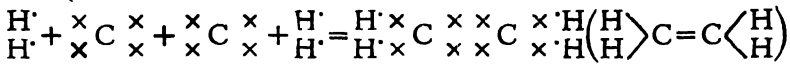
চিত্র নং—১৪

কোন তারতম্য হয় না। এই প্রকারের যোজ্যতাকে **"সমযোজ্যতা"** (covalency) বলে এবং এইভাবে সমযোজ্যতা প্রয়োগে উৎপন্ন যৌগকে সমযোজ্যতা হইতে উৎপন্ন (covalent বা homopolar) যৌগ বলে। উপরে ক্লোরিণের অণুর এবং কার্বন টেট্রাক্লোরাইডের অণুর গঠন সমযোজ্যতার দ্বারা কি ভাবে নিষ্পন্ন হইয়াছে তাহা দেখান হইল।

এইভাবে উৎপন্ন মৌলের অণু অথবা যৌগের অণুতে দুইটি করিয়া ইলেকট্রন সাধারণ থাকে এবং এই একজোড়া ইলেকট্রন একটি যোজক বা বন্ধনীর (valency bond) কার্য করে। তাই ক্লোরিণের অণু লিখিতে Cl – Cl চিহ্ন ব্যবহৃত হয় এবং একটি যোজক ইলেকট্রনযুগল সাধারণভাবে দুইটি ক্লোরিণ পরমাণুতে আছে তাহাই নির্দেশ করে। যখন দুইজোড়া ইলেকট্রন অথবা তিন জোড়া ইলেকট্রন দুইটি পরমাণুর ভিতর সাধারণ হইয়া থাকে, তখন দুইটি বা তিনটি যোজকের দ্বারা পরমাণু দুইটি যুক্ত তাহাই বুঝায়। যেমন, নাইট্রোজেনের অণুগঠনে তিনজোড়া ইলেকট্রন নাইট্রোজেনের দুইটি পরমাণুর ভিতর সাধারণ হিসাবে থাকে, তাই দুইটি নাইট্রোজেনের পরমাণু নাইট্রোজেনের অণুতে তিনটি যোজকদ্বারা যুক্ত দেখান হয় :— :N⋮ + ⋮N: = :N⋮ ⋮N: (N≡N)

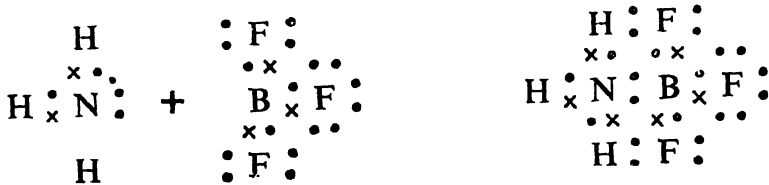
আবার, ইথিলিনের (Ethylene, C_2H_4) অণুতে বর্তমান দুইটি কার্বন

পরমাণুতে দুই জোড়া ইলেকট্রন সাধারণ হিসাবে থাকে, তাহাই কার্বনের দুইটি পরমাণুর ভিতর দুইটি যোজক দ্বারা দেখান হয় :—

$$\begin{matrix}H^{\cdot}\\H^{\cdot}\end{matrix}+\begin{matrix}\times\\\times\end{matrix}C\begin{matrix}\times\\\times\end{matrix}+\begin{matrix}\times\\\times\end{matrix}C\begin{matrix}\times\\\times\end{matrix}+\begin{matrix}H^{\cdot}\\H^{\cdot}\end{matrix}=\begin{matrix}H^{\cdot}\times\\H^{\cdot}\times\end{matrix}C\begin{matrix}\times\times\\\times\times\end{matrix}C\begin{matrix}\times{\cdot}H\\\times{\cdot}H\end{matrix}\left(\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right\rangle C=C\left\langle\begin{matrix}H\\H\end{matrix}\right)$$

সমযোজ্যতা দ্বারা উৎপন্ন যৌগ গ্যাসীয় অথবা সহজে উদ্বায়ী তরল হয়। এইভাবে ইলেকট্রনের সাধারণ থাকাভাবে বিন্যাস দ্বারা উৎপন্ন যৌগে অবস্থিত পরমাণুগুলি পরস্পরের নিকট হইতে সহজে বিচ্ছিন্ন হইতে পারে না, এবং সেইজন্যই এই যৌগগুলি কোন অবস্থাতেই আয়ন উৎপন্ন করিতে পারে না এবং এইক্ষেত্রে কোন ইলেকট্রনই একটি পরমাণু হইতে অন্য পরমাণুতে সম্পূর্ণরূপে স্থানান্তরিত না হওয়ায় পরমাণুগুলির তড়িৎমাত্রার কোন তারতম্য হয় না।

দ্রষ্টব্য—পূর্বের সমযোজ্যতা দ্বারা উৎপন্ন দ্বিযোগে (Binary compound) উভয় মৌলের পরমাণুই একটি করিয়া ইলেকট্রন প্রদান করিয়া যুগ্ম ইলেকট্রন উৎপন্ন করে এবং তাহাতে একটি যোজকের উৎপত্তি হয়। কিন্তু কোন কোন ক্ষেত্রে কোন একটি মৌলের একটি পরমাণু ইলেকট্রনদ্বয় অন্য একটি মৌলের পরমাণুকে প্রদান করে এবং তৎপরে উক্ত ইলেকট্রনদ্বয় উভয় মৌলের পরমাণু-যুগলের সাধারণ সম্পত্তি হইয়া যায়। এই যোজনাদ্বারা যৌগ উৎপাদনে এমন একটি পরমাণু প্রয়োজন যাহাতে অন্ততঃ একজোড়া নিঃসঙ্গ ইলেকট্রন (lone pair of electron) আছে এবং অন্য পরমাণুটিও এমন হওয়া চাই যাহার সর্ববহিঃস্থ স্তরে অষ্টক (octet) পূরণের জন্য এক জোড়া ইলেকট্রন দরকার হয়। এইভাবে যৌগ উৎপাদনে যে যোজ্যতার প্রয়োগ হয় তাহাকে **অসম-যোজ্যতা** (Co-ordinate co-valency) বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ, বোরন ট্রাইফ্লুয়োরাইড এবং অ্যামোনিয়ার সংযোগে উৎপন্ন যৌগের উল্লেখ করা যায়।

এইখানে সমস্ত ইলেকট্রনই এক হইলেও অ্যামোনিয়া ও বোরন ট্রাইফ্লুয়োরাইডের গঠন দেখানর জন্য হাইড্রোজেনের ইলেকট্রন এবং বোরনের ইলেকট্রন × চিহ্ন দ্বারা দেখান হইয়াছে।

$$\begin{matrix} & H & \\ & {\times}{\bullet} & \\ H \,{}^{\bullet}_{\times} & N & {}^{\bullet}_{\bullet} \\ & & \\ & H & \end{matrix} \quad + \quad \begin{matrix} & :F: & \\ & {\bullet}{\times} & {\bullet}{\bullet} \\ & B \, {}^{\bullet}_{\times} & F : \\ & {\times}{\bullet} & {\bullet}{\bullet} \\ & :F: & \end{matrix} \qquad \begin{matrix} H & : & F & : & \\ {\times}{\circ} & & {\circ}{\times} & & {\bullet}{\bullet} \\ H \,{}^{\bullet}_{\times} N & : & B & {}^{\circ}_{\times} & F : \\ {\bullet}{\times} & & {\times}{\bullet} & & {\bullet}{\bullet} \\ H & : & F & : & \end{matrix}$$

চিত্র নং—19

তেজস্ক্রিয়তা (**Radio-activity**) :—1859 খৃষ্টাব্দে প্লুকারের (Plucker) নলে অনুপ্রভাব উৎপত্তি (Phosphorescence), কমচাপে স্বল্পপরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা এবং তাহাতে ক্যাথোডের উল্টাদিকে

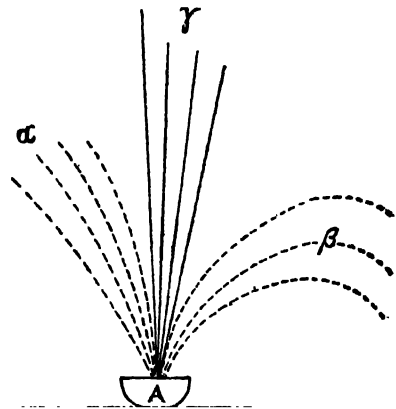
অবস্থিত কাচের নলে উজ্জ্বল আলোকের সৃষ্টি, 1880 খৃষ্টাব্দে ক্রুক্‌সের (Crookes) উক্ত প্রকারের পরীক্ষা হইতে উক্ত অনুপ্রভার উদ্ভবের কারণ নির্দেশ করিতে যাইয়া ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত কণার আঘাত হইতে উক্ত অনুপ্রভার উৎপত্তির কথা এবং জে. জে. টম্‌সন্ (Sir J. J. Thomson) কর্তৃক ইহার সমর্থন—এই সমস্ত বিষয় ক্যাথোড রশ্মির (Cathode rays) কথা বলার সময় উল্লেখ করিতে হয়। তাহার পরের আবিষ্কার হইল বিস্ময়কর **রঞ্জেন-রশ্মি** বা **X-রশ্মি** (Rontgen rays বা X-rays)। 1895 খৃষ্টাব্দে জার্মান পদার্থবিদ্ রঞ্জেন পরীক্ষামূলকভাবে দেখান যে উক্ত অতি কমচাপে স্বল্পপরিমাণ গ্যাসযুক্ত কাচনলে ক্যাথোডের উল্টাদিকের কাচে যে অনুপ্রভা দেখা যায়—সেই অনুপ্রভাযুক্ত কাচ হইতে বাহিরে অতিশয় অনুপ্রবেশ্য অদৃশ্য রশ্মি উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। এই রশ্মি ফটোগ্রাফ লইবার কাগজের সাহায্যে উপলব্ধি করা যায়। এই রশ্মিকে তিনি X-রশ্মি নাম দেন। এখন উহাকে রঞ্জেন-রশ্মি বলা হয়। যে সমস্ত দ্রব্য সাধারণ আলোকে অস্বচ্ছ তাহা এই রশ্মিতে স্বচ্ছ হইয়া এই রশ্মিকে তাহাদের ভিতর দিয়া যাইতে দেয়। এই রশ্মি মাংসপেশীর ভিতর দিয়া যাইতে পারে কিন্তু হাড়ের ভিতর দিয়া যাইতে পারে না। বেরিয়াম প্লাটিনোসায়ানাইডযুক্ত কাগজের উপর এই রশ্মি পাতিত করিলে উহা প্রতি-প্রভাযুক্ত (fluorescent) হইয়া উঠে। এই সমস্ত পরীক্ষা-মূলক ব্যাপারের সহিত প্রায় এই সময়ে আবিষ্কৃত হয় আর একটি তথ্য। ফরাসী পদার্থবিদ হেনরি বেকরেল (Henri Becquerel) (1895 খৃষ্টাব্দে) দেখান যে আলোতে রাখার পর ইউরেনিয়ামঘটিত যৌগ প্রতিপ্রভাযুক্ত হইয়া থাকে। আবার ঘটনাক্রমে এই ইউরেনিয়ামঘটিত খনিজ পিচব্লেণ্ড (pitch-blende) বেকরেল একটি কালো কাগজের ভিতর রাখা ফটোগ্রাফ লইবার কাগজের সহিত একটি টেবলের খোপে রাখেন। কিছুদিন পরে সেই সমস্ত ফটোগ্রাফ লইবার কাগজ বাহিরে আনিয়া দেখা গেল যে কাগজগুলি কোনপ্রকার রশ্মির ক্রিয়ায় নষ্ট হইয়া গিয়াছে। বেকরেল পরে দেখাইতে সমর্থ হন যে ইউরেনিয়ামের লবণ হইতে অবিরত এবং স্বতঃস্ফূর্ত-রশ্মিসমূহ নির্গত হয়। এই রশ্মিকে বেকরেল-রশ্মি (Becquerel rays) নাম দেওয়া হয়। এই রশ্মির নির্গমন আলোকে বা অন্ধকারে, উচ্চচাপে বা কম চাপে, উত্তাপে বা শৈত্যে, কোন অবস্থাতেই কোন প্রকারের নিয়ন্ত্রণাধীন নহে।

অবিরাম এবং সর্বাবস্থায় স্বতঃস্ফূর্তভাবে যে অদৃশ্য রশ্মি নির্গমন-প্রক্রিয়া ঘটিয়া

থাকে তাহাকে বেকরেল বলেন **তেজস্ক্রিয়তা** (Radic-activity) এবং যে সমস্ত পদার্থ হইতে এইরূপ রশ্মি উৎপন্ন হয় সেই সমস্ত পদার্থকে **তেজস্ক্রিয়** (Radio-active) পদার্থ বলেন।

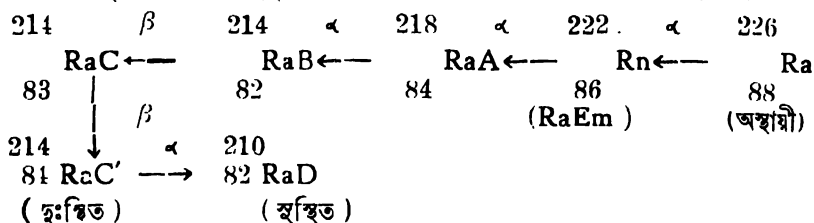
পিচব্লেণ্ড হইতে পাওয়া যায় সর্বাপেক্ষা ভারী মৌলিক পদার্থ ইউরেনিয়াম (পরমাণু-ক্রমাঙ্ক 92, পারমাণবিক ওজন 238)। এই মৌল ইউরেনিয়াম নিজে এবং ইহার যে কোন লবণ তেজস্ক্রিয় পদার্থ। ইহার পর 1898 খৃষ্টাব্দে পিয়ারী কিউরি ও ম্যাডাম কিউরি (Pierre Curie and Madam Curie) দেখাইতে সমর্থ হন যে পিচব্লেণ্ডস্থিত ইউরেনিয়ামের পরিমাণের তুলনায় পিচব্লেণ্ডের তেজস্ক্রিয়তা অনেক বেশী। তাহা হইতে তাঁহারা ধারণা করেন যে পিচব্লেণ্ডে ইউরেনিয়াম অপেক্ষা আরও অধিকতর তেজস্ক্রিয় পদার্থ বিদ্যমান আছে। পরে তাঁহারা পিচব্লেণ্ড হইতে পোলোনিয়াম (Polonium) এবং রেডিয়াম (Radium) নামে আরও দুইটি অধিকতর তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কার করেন। ম্যাডাম কিউরি এবং স্মিড (Schmidt) 1898 খৃষ্টাব্দে দেখান যে থোরিয়াম ও তাহার যৌগসমূহ তেজস্ক্রিয় পদার্থ। 1901 খৃষ্টাব্দে ডিবায়ারনি (Debierne) এবং গাইসেল (Giesel) আরও একটি নূতন তেজস্ক্রিয় মৌল আবিষ্কার করেন এবং তাহার নাম দেন অ্যাক্টিনিয়াম (actinium)।

কোন তেজস্ক্রিয় পদার্থকে একটি শক্তিশালী চুম্বকের নিকট রাখিলে দেখা যায় যে বিকীর্ণ রশ্মিগুলি তিনভাগে ভাগ হইয়া যায়—তাহাদের নাম দেওয়া হইয়াছে **আলফা-রশ্মি** (α-rays), **বিটা-রশ্মি** (β-rays) এবং **গামা রশ্মি** (γ-rays)। α-রশ্মি অতি অল্পদিনের ভিতরেই 2 মাত্রার ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত হিলিয়াম পরমাণর সমষ্টি বলিয়া প্রমাণিত হয়। এর ওজন হইল 4 (যখন হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন 1) এবং হিলিয়াম পরমাণুগুলির প্রত্যেকটি

চিত্র নং—20

হইতে ২টি করিয়া বহিঃস্তরে অবস্থিত ইলেকট্রন অপসারিত হওয়ার ফলে ইহার উৎপত্তি। β-রশ্মি ইলেক্ট্রনের সমষ্টি। γ-রশ্মি অনেকটা রঞ্জন রশ্মির অনুরূপ ক্ষুদ্র পরিমাপের ঢেউবিশিষ্ট আলোকরশ্মি। সেই কারণে ইহা মোটা লেডের পাত ভেদ করিয়া যাইতে পারে।

পূর্বে যে পরমাণুর ভিতরের গঠনের কথা উল্লিখিত হইয়াছে সেই বিষয়ের যাবতীয় গুপ্ত-তথ্য এই তেজস্ক্রিয় মৌল্ল আবিষ্কারের ও তৎসংশ্লিষ্ট ঘটনাবলীর উদ্ঘাটনে বৈজ্ঞানিকদিগের নিকট প্রকাশ হইয়া পড়িয়াছে। তেজস্ক্রিয় মৌলগুলির পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অত্যধিক পরিমাণ প্রোটন এবং নিউট্রন থাকার ফলে তাহারা অস্থায়ী (unstable) হইয়া থাকে এবং তাহাদের পরমাণু ভাঙ্গিয়া (disintegration) তেজ বিকিরণ দ্বারা অন্য মৌলের পরমাণুতে রূপান্তরিত (Transmutation of elements) হয়। তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াস হইতে একটি α-রশ্মি বাহির হইয়া যাওয়ার ফলে উদ্ভূত মৌলের পারমাণবিক ওজন 4 দিয়া কমে এবং উক্ত মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক দুই কম হয় এবং একটি β রশ্মি বাহির হওয়ার ফলে উদ্ভূত মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 দিয়া বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, কিন্তু তাহার পারমাণবিক ওজন পূর্বের মতই থাকে। এইরূপে তেজস্ক্রিয় মৌলটি নানাপ্রকার পরিবর্তনের ভিতর দিয়া যাইয়া সর্বশেষে লেড (Lead) ধাতুতে পরিণত হইয়া সুস্থিত হয়। একটি উদাহরণ নিম্নে দেওয়া হইল। রেডিয়ামের উৎপত্তি হইল ইউরেনিয়াম হইতে। আবার Radium হইতে লেডের সমস্থানিক-Radium D নিম্নলিখিত প্রকারে উৎপন্ন হয় :—

$$ {}^{214}_{83}\mathrm{RaC} \xleftarrow{\beta} {}^{214}_{82}\mathrm{RaB} \xleftarrow{\alpha} {}^{218}_{84}\mathrm{RaA} \xleftarrow{\alpha} \underset{(\mathrm{RaEm})}{{}^{222}_{86}\mathrm{Rn}} \xleftarrow{\alpha} \underset{(\text{অস্থায়ী})}{{}^{226}_{88}\mathrm{Ra}} $$

$$ {}^{214}_{83}\mathrm{RaC} \xrightarrow{\beta} \underset{(\text{দুঃস্থিত})}{{}^{214}_{84}\mathrm{RaC'}} \xrightarrow{\alpha} \underset{(\text{সুস্থিত})}{{}^{210}_{82}\mathrm{RaD}} $$

দ্রষ্টব্য : উপরে লিখিত অঙ্ক পারমাণবিক ওজন, নিম্নলিখিত অঙ্ক পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক।

এক-স্থানিক (Isotopes) :—যদি কোন তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু হইতে প্রথমে একটি α-রশ্মি এবং পরে পর পর দুইটি β-রশ্মি বাহির হইয়া যায়, তাহা হইতে যে মৌলের উৎপত্তি হইবে তাহার পরমাণু-ক্রমাঙ্ক তেজস্ক্রিয় মৌলের সহিত একই হইবে, কিন্তু তাহার পারমাণবিক ওজন তেজস্ক্রিয় মৌলের

পারমাণবিক ওজন অপেক্ষা 4 কম হইবে। নূতন উৎপন্ন মৌলটির রাসায়নিক ধর্ম যে তেজস্ক্রিয় মৌল হইতে ইহা উৎপন্ন তাহার মতই হইবে। এই নূতন উৎপন্ন মৌলটি ইহার উৎপাদক তেজস্ক্রিয় মৌলের সহিত **একস্থানিক** অর্থাৎ মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে একই স্থান অধিকার করে। উদাহরণ-স্বরূপ দেখান হয়।

	Th ⟶	$MsTh_1$ ⟶ (β)	$MsTh_2$ ⟶	RaTh
পারমাণবিক ওজন	232·1	228·1	228·1	228·1
পর্যায় সারণীতে গ্রুপ	IV	II	III	IV

থোরিয়াম এবং রেডিয়ো-থোরিয়াম সমস্থানিক। পূর্বের পৃষ্ঠায় দেখানমত RaA and Ra-C′ সমস্থানিক। টমসন্, অ্যাসটন প্রভৃতি বৈজ্ঞানিকগণ ভরঘটিত স্পেকট্রোগ্রাফ (Mass Spectrograph) সাহায্যে প্রমাণ করিয়াছেন যে প্রত্যেক মৌলিক পদার্থ ই দুই বা ততোধিক বিভিন্ন ভরবিশিষ্ট (mass) পরমাণুর সমষ্টি। ডাল্টন তাঁহার পরমাণুতত্ত্বে (Atomic Theory) বলেন যে, একটি মৌলের সমস্ত পরমাণুগুলির ভর একই হয় এবং বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ভর বিভিন্ন। কিন্তু আধুনিক গবেষণার ফলে এই মত একেবারে পরিত্যক্ত হইয়াছে। আর পূর্বেই দেখান হইয়াছে যে, ডাল্টনের পরমাণুতত্ত্বের প্রথম মত অর্থাৎ পরমাণু অবিভাজ্য তাহাও আর পোষণ করা যায় না। মৌলের রাসায়নিক ধর্ম মৌলটির পরমাণু ক্রমাঙ্কের উপর সম্পূর্ণরূপে নির্ভর করে, অর্থাৎ উক্ত মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে অবস্থিত প্রোটনের সংখ্যার উপর নির্ভর করে। এখন নিউক্লিয়াসে প্রোটনের সংখ্যা স্থির রাখিয়া নিউট্রনের সংখ্যা কমান বা বাড়ানো হইলে পরমাণুর ভর কমিবে বা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইবে। এইভাবে বিভিন্ন ভরবিশিষ্ট একই প্রকার পরমাণু-ক্রমাঙ্কযুক্ত পরমাণুর উদ্ভব হইবে। এই প্রকার পরমাণুর সমষ্টি যে মৌল তাহার রাসায়নিক ধর্মের কোন ব্যতিক্রম হইবে না। একই মৌলিক পদার্থের বিভিন্ন ভরের পরমাণু-প্রকারকে **এক-স্থানিক** (Isotope) বলা হয়। তবে দুইটি এক-স্থানিক পরমাণুর ভিতর ভরের পার্থক্য এত কম যে, সাধারণ পরীক্ষায় তাহা ধরা যায় না। এই পার্থক্য বোঝা যায় অ্যাসটন কর্তৃক নির্মিত ভরঘটিত স্পেকট্রোগ্রাফের (Mass Spectrograph) সাহায্যে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায় ক্লোরিণের দুইটি এক-স্থানিকের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে, যাহাদের পরমাণুর ভর যথাক্রমে 35 ও 37

(হাইড্রোজেনের পরমাণুর ভর 1 ধরিয়া)। প্রথম প্রকারের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 17টি প্রোটন (যেহেতু ক্লোরিণের পরমাণু ক্রমাঙ্ক হইল 17) এবং 18টি নিউট্রন আছে, আর দ্বিতীয়টির পরমাণুর নিউক্লিয়াসে 17টি প্রোটন এবং 20টি নিউট্রন আছে।

এক-স্থানিকের ভরের পার্থক্যের উপর নির্ভর করিয়া তাহাদের পৃথক করিবার চেষ্টা করা হয়, কারণ রাসায়নিক উপায়ে তাহাদের পৃথক করা সম্ভব নয়, যেহেতু তাহাদের সমস্ত রাসায়নিক ধর্মই এক। কিন্তু ভরের পার্থক্য অতি সামান্য হওয়ায় এইভাবে তাহাদের সম্পূর্ণরূপে পৃথক করা মোটেই সম্ভব হয় নাই, তবে অতি সামান্য পরিমাণে তাহাদের পৃথক করা গিয়াছে। হাইড্রোজেনের একটি সমস্থানিক আবিষ্কৃত হইয়াছে তাহার পরমাণুর ভর 2 এবং পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1। হাইড্রোজেনের এই একস্থানিকটিকে ভারি হাইড্রোজেন (Heavy hydrogen) অথবা ডয়টেরিয়াম (Deuterium) নাম দেওয়া হইয়াছে এবং ইহাকে সাধারণ হাইড্রোজেন (পরমাণুর ভর 1, পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1) হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথক করা সম্ভব হইয়াছে। ইহার কারণ ডয়টেরিয়ামের পরমাণুর ভর সাধারণ হাইড্রোজেনের পরমাণু ভরের শতকরা 100 ভাগ বেশী।

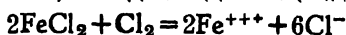
আধুনিক ইলেকট্রনীয় মতবাদ অনুসারে জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া :—
(Oxidation and Reduction in terms of Electrons)

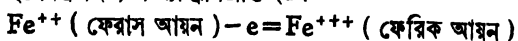
জারণ ও বিজারণ ক্রিয়া পূর্বেই নবম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা, প্রথম ভাগে" আলোচিত হইয়াছে (পৃঃ 150—152, চতুর্থ সংস্করণ)।

ফেরাস ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে ক্লোরিণ গ্যাস অতিক্রম করাইলে উহা ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে পরিণত হয়। দ্রবণের রং ফিকে সবুজ হইতে হলুদ বর্ণে পরিবর্তিত হয়। এইখানে ফেরাস ক্লোরাইড জারিত হইয়া ফেরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়। $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$.

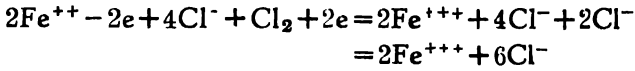
আয়নীয় মতবাদ অনুসারে এই বিক্রিয়াটি নিম্নে দেখান মত ভাবে প্রকাশ করা যায় :— $2FeCl_2 \rightleftharpoons 2Fe^{++} + 4Cl^-$; $2Fe^{++} + Cl_2 \rightleftharpoons 2Fe^{+++} + 2Cl^-$

∴ যোগ করিয়া, এবং দুই দিক হইতে একই আয়ন বাদ দিয়া,

$$2FeCl_2 + Cl_2 = 2Fe^{+++} + 6Cl^-$$

অতএব **জারণে** আয়নের ধনাত্মক তড়িৎশক্তি বৃদ্ধি পায় অথবা যে মৌলের আয়ন তাহার ইলেকট্রন (e) সংখ্যা হ্রাসপ্রাপ্ত হয়।

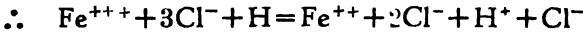
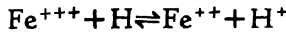
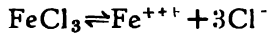
Fe^{++} (ফেরাস আয়ন) $- e = Fe^{+++}$ (ফেরিক আয়ন)

আবার এই প্রক্রিয়াতেই জারক পদার্থ ক্লোরিণের পরমাণু ইলেকট্রন ধরিয়া লইয়া ক্লোরিণের আয়নে পরিবর্তিত হয়। $Cl + e = Cl^-$

তাই মোট প্রতিক্রিয়াটি হইল $2Fe^{++} - 2e = 2Fe^{+++}$; $Cl_2 + 2e = 2Cl^-$

$$2Fe^{++} - 2e + 4Cl^- + Cl_2 + 2e = 2Fe^{+++} + 4Cl^- + 2Cl^-$$
$$= 2Fe^{+++} + 6Cl^-$$

বিজারণে জারণের ঠিক উল্টা ব্যাপারটি দেখা যায়, অর্থাৎ বিজারণে আয়নের ঋণাত্মক তড়িৎ-শক্তি বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় বা মৌলের ইলেকট্রন সংখ্যা বাড়িয়া যায়। তাই পূর্বের দৃষ্টান্তে ক্লোরিণের পরমাণুর ক্লোরিণ আয়নে রূপান্তর ক্লোরিণের বিজারণ।

ফেরিক ক্লোরাইড জায়মান (nascent) হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া ফেরাস ক্লোরাইডে পরিণত হয়। তাই ফেরিক ক্লোরাইডের হলুদ রংএর দ্রবণে যখন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ও জিঙ্কের ছিবড়া যোগ করা হয়, তখন উক্ত দ্রবণ প্রায় বর্ণহীন হইয়া যায়। $FeCl_3 + H = FeCl_2 + HCl$

আয়নীয়-মতবাদ অনুসারে বিক্রিয়াটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায় :—

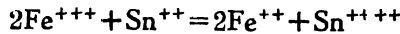
$$FeCl_3 \rightleftharpoons Fe^{+++} + 3Cl^-$$
$$Fe^{+++} + H \rightleftharpoons Fe^{++} + H^+$$
$$\therefore \quad Fe^{+++} + 3Cl^- + H = Fe^{++} + 2Cl^- + H^+ + Cl^-$$

অথবা $Fe^{+++} + e = Fe^{++}$ এবং $H - e = H^+$

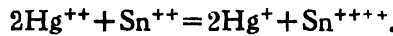
অতএব, যে প্রক্রিয়াতে একটি পরমাণু বা আয়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন হারায় তাহা জারণ-প্রক্রিয়া এবং অপরপক্ষে যে প্রক্রিয়ায় একটি পরমাণু বা আয়ন এক বা একাধিক ইলেকট্রন লাভ করে তাহা বিজারণ প্রক্রিয়া।

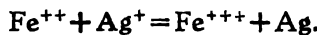
জারক পদার্থ হইল সেইগুলি যাহা বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন লাভ করিয়া নিম্নতর ধনাত্মক-যোজ্যতাসম্পন্ন (positive valency) পদার্থে পরিণত হয় আর অপরপক্ষে বিজারক পদার্থ হইল সেইগুলি যাহা বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন হারাইয়া উচ্চতর ধনাত্মক-যোজ্যতাসম্পন্ন (positive valency) পদার্থে পরিণত হয়। যেমন, কপার-সলফেটের দ্রবণে পটাসিয়াম আয়োডাইড যোগ করিলে পটাসিয়াম আয়োডাইড জারিত হইয়া আয়োডিন দেয় এবং কিউপ্রিক কপার (Cu^{++}) কিউপ্রাস কপারে (Cu^+) বিজারিত হয় : $2Cu^{++} + 2I^- = 2Cu^+ + I_2$

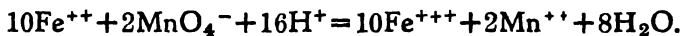
আবার ষ্ট্যানস্ (Sn^{++}) ক্লোরাইড বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া ষ্ট্যানিক (Sn^{++++}) ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়, যখন ষ্ট্যানস্ ক্লোরাইডের দ্রবণ ফেরিক

ক্লোরাইডের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডযুক্ত উষ্ণ দ্রবণে যোগ করা হয়। ফেরিক (Fe^{+++}) ক্লোরাইড বিজারিত হইয়া ফেরাস (Fe^{++}) ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$2Fe^{+++} + Sn^{++} = 2Fe^{++} + Sn^{++++}$$

উপরের উদাহরণ হইতে দেখা যায় যে, জারণ ও বিজারণ প্রক্রিয়া একই সঙ্গে সম্পাদিত হয় এবং যে পদার্থ বিজারণ-ক্রিয়া সংঘটিত করে তাহা হইতে ইলেক্‌ট্রন স্থানান্তরিত হয় এবং উহা জারিত হয় এবং সেই পরিত্যক্ত ইলেক্‌ট্রন গ্রহণ করিয়া জারক-পদার্থটি বিজারিত হয়। এই উক্তির আর একটি উদাহরণ হইল ষ্ট্যানস্ ক্লোরাইড দ্বারা মার্কিউরিক-ক্লোরাইডের বিজারণ এবং এই প্রক্রিয়ায় ষ্ট্যানস্ ক্লোরাইড জারিত হইয়া ষ্ট্যানিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$2Hg^{++} + Sn^{++} = 2Hg^{+} + Sn^{++++}.$$

দ্রষ্টব্য ঃ—উপরে যেভাবে সমীকরণ দ্বারা মার্কিউরিক লবণ এবং ষ্ট্যানস্ লবণের বিক্রিয়া দেখান হইল তাহাকে **আয়নীয়** সমীকরণ বলে। এই আয়নীয় সমীকরণ দ্বারা সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াই প্রকাশ করা যায়। যেমন, ফেরাস সলফেট ও সিলভার নাইট্রেটের বিক্রিয়ায় সিলভারের অধঃক্ষেপ উৎপত্তি নিম্নলিখিত সমীকরণ দ্বারা দেখান হয় :

$$Fe^{++} + Ag^{+} = Fe^{+++} + Ag.$$

আবার অ্যাসিডের উপস্থিতিতে পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট দ্বারা ফেরাস লবণের জারণ নিম্নলিখিত আয়নীয় সমীকরণ দ্বারা প্রকাশিত হয় :—

$$10Fe^{++} + 2MnO_4^{-} + 16H^{+} = 10Fe^{+++} + 2Mn^{++} + 8H_2O.$$

এইভাবে সমীকরণ লিখিতে হইলে দেখিতে হইবে যে, সমীকরণের বামদিকের আয়নগুলির মোট ধনাত্মক তড়িৎশক্তি সমীকরণের ডানদিকের আয়নগুলির মোট ধনাত্মক তড়িৎশক্তির সমান হয়।

Questions

1. State the three fundamental particles in the structure of an atom, indicating the charge on each and their relative masses.

১। পরমাণুর গঠনে যে তিনটি মূল কণা বিদ্যমান, তাহাদের নাম, তড়িৎশক্তির পরিমাণ এবং আপেক্ষিক ভর উল্লেখ কর।

2. Write out the full electronic structures of each of the following in such a way as to clearly indicate the bond type and the disposition of the electrons.:—

Sodium fluoride, carbon dioxide, magnesium oxide, ammonia, ammonium chloride. [Atomic Numbers of Na=11, F=9, C=6, O=8, Mg=12, N=7, P=15, Cl=17, H=1.]

২। নিম্নলিখিত যৌগগুলির প্রত্যেকের পুরা ইলেকট্রনীয় গঠন এরূপভাবে লিখিয়া দেখাও যাহাতে যোজ্যতার রূপ এবং ইলেকট্রনগুলির ব্যবস্থাপন বুঝিতে পারা যায় : –

সোডিয়াম ফ্লুয়োরাইড ; কার্বন ডাই অক্সাইড ; ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ; অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড। (পরমাণু ক্রমাঙ্ক যথাক্রমে Na=১১ ; F=৯ ; C=৬ ; O=৮ ; Mg=১২ ; N=৭ ; P=১৫ ; Cl=১৭ ; H=১)।

3. Explain the various types of valency from the standpoint of atomic structure. How would you account for the differences between an ionisable bond and a non-ionisable bond ?

৩। পরমাণুর গঠন বৈচিত্র্য হইতে উদ্ভূত বিভিন্ন যোজ্যতার বিবরণ দাও। আয়নিক যোজ্যতা এবং সমযোজ্যতায় যে পার্থক্য দেখা যায় তাহা কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে ?

4. Write explanatory notes on the following :—

(*a*) electro-valency, (*b*) co-valency and (*c*) co-ordinate co-valency.

Apply the ideas developed to methane, ammonia and ammonium chloride.

৪। নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর টীকা লিখ :—

(ক) ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা, (খ) সমযোজ্যতা এবং (গ) অসমযোজ্যতা।

এই যোজ্যতার সম্বন্ধে আলোচনা মিথেনে, অ্যামোনিয়ায় এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে প্রয়োগ কর।

5. What is radio-activity ? How and by whom it was discovered ? What are radio-active radiations ? On what basis are they differentiated ?

৫। তেজস্ক্রিয়তা কি ? কিভাবে এবং কে এই তেজস্ক্রিতার বিষয় আবিষ্কার করেন ? তেজস্ক্রিয়তা হইতে উদ্ভূত রশ্মিসমূহ কি প্রকারের ? তাহাদের বিভাগ কিসের উপর নির্ভর করিয়া করা হইয়াছে ?

6. What are isotopes ? Show the formation of radioactive isotopes. Do you know of any isotope of an element obtained free from the ordinarily obtainable element ?

৬। সমস্থানিক কাহাদের বলে ? তেজস্ক্রিয়তা হইতে সমস্থানিকের উদ্ভব কিভাবে হয় দেখাও। কোনও সাধারণ মৌল হইতে সম্পূর্ণরূপে পৃথকীকৃত তাহার সমস্থানিকের বিষয় জান কি ?

7. Explain clearly the terms *Oxidation* and *reduction.* Illustrate the processes and interpret them in the light of the electronic theory.

৭। প্রাঞ্জলভাবে "জারণ" এবং "বিজারণ" এই কথা দুইটির ব্যাখ্যা লিখ। এই প্রক্রিয়া দুইটির উদাহরণ দাও এবং ইলেকট্রনীয় মতবাদ হইতে এই প্রক্রিয়া দুটি ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও।

ষড়্‌ত্রিংশ অধ্যায়

ধাতুসমূহ ও তাহাদের যৌগসকল

(Metals and their Compounds)

মৌলসকল ধাতু এবং অধাতু প্রধানতঃ এই দুই শ্রেণীর। "রসায়নের গোড়ার কথা, ১ম এবং ২য় ভাগে" যে সমস্ত মৌলের বিষয় আলোচিত হইয়াছে উহারা সকলেই অধাতু [কেবল আর্সেনিক ভিন্ন; আর্সেনিকের কতকগুলি ধর্ম অধাতুর মত, আবার কতকগুলি ধর্ম ধাতুর মত; তাই আর্সেনিককে মধ্যমপ্রকার ধাতু (metalloid) বলা হয়]। ধাতু এবং অধাতু এই দুই শ্রেণীর মৌলের ভৌত এবং রাসায়নিক ধর্মে বিভিন্নতা আছে; তবে এই পার্থক্যগুলি খুব সুনির্দিষ্ট নহে। তাই নিম্নলিখিত ধর্মগুলির পার্থক্য সমগ্ররূপে বিচার করিয়া কয়েকটি বিশেষ ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্যকে ভিত্তি করিয়া সাধারণতঃ কোন্ মৌল ধাতু এবং কোন্ মৌল অধাতু তাহা ঠিক করা হয়।

(i) ধাতুর ও অধাতুর বিভিন্ন ধর্মে পার্থক্য :—

(ক) ভৌত ধর্মে পার্থক্য

ধাতু

1. ধাতু সাধারণ অবস্থায় কঠিন, উজ্জ্বল এবং আলোক প্রতিফলনে সমর্থ। ধাতুর ঔজ্জ্বল্যকে **ধাতব ঔজ্জ্বল্য** (metallic lustre) বলে।

ব্যতিক্রম :—মার্কারী ধাতু, কিন্তু সাধারণ অবস্থায় ইহা তরল।

অধাতু

1. অধাতু সাধারণ অবস্থায় তরল বা গ্যাসীয় এবং অনুজ্জ্বল ও আলোক প্রতিফলনে অসমর্থ।

ব্যতিক্রম :—আয়োডিন ও গ্র্যাফাইট অধাতু হইলেও কঠিন এবং উজ্জ্বল। হীরক অধাতু মৌলের রূপভেদ; কিন্তু তাহা হইলেও ইহা আলোক প্রতিফলনে সমর্থ। বোরন, সিলিকন, ফসফোরাস, সলফার ইত্যাদি অধাতু হইলেও সাধারণ অবস্থায় কঠিন।

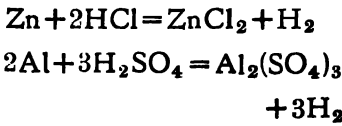
ধাতু	অধাতু
2. ধাতুকে আঘাত করিলে উহা হইতে ধাতব শব্দ (metallic clink) নির্গত হয়। **ব্যতিক্রম :—**অ্যান্টিমনি ও বিস্‌মাথ ধাতু হইলেও আঘাত করিলে ধাতব শব্দ উৎপন্ন করে না।	2. অধাতুকে আঘাত করিলে উহা হইতে কোন শব্দ নির্গত হয় না।
3. ধাতুর ঘনত্ব সাধারণতঃ বেশী অর্থাৎ ধাতু সাধারণতঃ ভারী হয়। **ব্যতিক্রম :—**লিথিয়াম, সোডিয়াম, পটাসিয়াম প্রভৃতি ধাতু হইলেও ইহারা জল অপেক্ষা হালকা; ম্যাগনেসিয়াম, ক্যালসিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর ঘনত্বও কম।	3. অধাতুর ঘনত্ব সাধারণতঃ কম অর্থাৎ অধাতু হালকা হয়। কেবল একমাত্র আয়োডিনের ঘনত্ব অধাতুগুলির ভিতর সর্বাপেক্ষা বেশী এবং তাহা 4·9।
4. ধাতু শক্ত, সুদৃঢ়, ঘাতসহনশীল (malleable) এবং নমনীয়, তাই ধাতুকে টানিয়া তার (ductility) অথবা পিটিয়া অতি পাতলা পাতে পরিণত করা যায় (malleability)। **ব্যতিক্রম :—**অ্যান্টিমনি এবং বিসমাথ ধাতু হইলেও ভঙ্গুর এবং আঘাতে ইহারা চূর্ণে পরিণত হয়।	4. অধাতু নরম, অনমনীয় এবং অপ্রসারশীল। কঠিন অধাতু সহজেই ভঙ্গুর।
5. ধাতু তাপ ও বিদ্যুতের উত্তম পরিবাহী। ধাতুর ভিতর সিলভার সর্বোত্তম এবং কপার তাহার পরবর্তী উত্তম তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী ধাতু।	5. অধাতু তাপ ও বিদ্যুতের কুপরিবাহী, এমন কি অনেক ক্ষেত্রে তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবহনে অক্ষম।

ধাতু	অধাতু
ব্যতিক্রম ঃ—মার্কারী ধাতু হইলেও তাহার তাপ বিদ্যুৎ পরিবহনের ক্ষমতা অনেক কম।	**ব্যতিক্রম ঃ**—গ্র্যাফাইট (কার্বনের রূপভেদ) এবং গ্যাস-কার্বন অধাতু হইলেও বিদ্যুতের সুপরিবাহী এবং হাইড্রোজেন গ্যাস (অন্যান্য গ্যাসের তুলনায়) তাপের সুপরিবাহী।
6. ধাতু খুব উচ্চ উষ্ণতায় বাষ্পে পরিণত হয়।	6. অধাতু কম উষ্ণতায় বাষ্পে পরিণত হয়।
ব্যতিক্রম ঃ—মার্কারী ধাতু হইলেও কম উষ্ণতায় বাষ্পীভূত হয়।	**ব্যতিক্রম ঃ**—কার্বন, সিলিকন, বোরন অধাতু ; কিন্তু ইহাদের বাষ্পে পরিণত করিতে অনেক উচ্চ উষ্ণতার প্রয়োজন হয়।

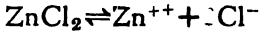
(খ) রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য

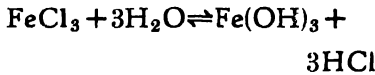
ধাতু	অধাতু
7. ধাতু সাধারণতঃ **তড়িৎ-ধনাত্মক** (electro-positive), ইহারা ধনাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট আয়ন (positively charged ion) দিয়া থাকে। তাই তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় ধাতব আয়ন ক্যাথোডের (ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎ দ্বারের) দিকে আকর্ষিত হয়। উদাহরণ :— $NaCl \rightleftharpoons Na^{+} + Cl$ (আয়ন ধাতব)	7. অধাতু সাধারণতঃ **তড়িৎ-ঋণাত্মক** (electro-negative), ইহারা ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট আয়ন (negative charged ion) দিয়া থাকে। তাই তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় অ-ধাতব আয়ন অ্যানোডের (ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত তড়িৎ-দ্বারের) দিকে আকর্ষিত হয়। উদাহরণ :— $NaCl \rightleftharpoons Na^{+} + Cl^{-}$ (আয়ন অধাতব)

ধাতু	অধাতু
	ব্যতিক্রম ঃ—হাইড্রোজেন অধাতু হইলেও ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়ন দিয়া থাকে। $HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$ (হাইড্রোজেন আয়ন) (কিন্তু মনে রাখিতে হইবে যে, সোডিয়াম হাইড্রাইডকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করিলে হাইড্রোজেন ক্যাথোডে না আসিয়া অ্যানোডের দ্বারা আকর্ষিত হইয়া তথায় যায় এবং সেইখানে মোক্ষিত হয়।)
৪. ধাতুর অক্সাইড (যথা, CuO, Fe_2O_3, CaO) ক্ষারকীয় ধর্মবিশিষ্ট, অর্থাৎ ধাতব অক্সাইড অ্যাসিডের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপন্ন করে। যথা, $CuO + 2\ HCl = CuCl_2 + H_2O$। সোডিয়াম, পটাসিয়াম এবং ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া তীব্র ক্ষার উৎপন্ন করে: $Na_2O + H_2O = 2NaOH$	৪. অধাতুর অক্সাইড (যথা, SO_2, CO_2, P_2O_5) অ্যাসিড-ধর্মী, অর্থাৎ ইহারা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। যথা, $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$; $P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3$।
ব্যতিক্রম ঃ—জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম, টিন প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডের ব্যবহার দেখা গেলেও	ব্যতিক্রম :—H_2O, CO, NO এই অধাতব অক্সাইডগুলি তড়িৎ নিরপেক্ষ (neutral); ইহাদের

ধাতু	অধাতু
তীব্রক্ষারের সহিত উহারা অ্যাসিড ধর্মী অক্সাইডরূপে বিক্রিয়া করে: $ZnO+2NaOH=Na_2ZnO_2+H_2O$; $Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$। ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ প্রভৃতি ধাতুর উচ্চ অক্সাইডগুলি (CrO_3, Mn_2O_7) অ্যাসিড-ধর্মী।	সহিত অ্যাসিড বা তীব্রক্ষারের কোন বিক্রিয়া ঘটে না।
9. ধাতু সাধারণতঃ অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে। যথা $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$ $2Al+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+3H_2$ কিন্তু সকল ধাতু এইভাবে অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনের প্রতিস্থাপন করিতে পারে না। যথা কপার।	9. অধাতু অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না অথবা দ্রবীভূত হইলেও হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে না।
10. ধাতু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া যৌগ গঠন করে না অথবা দুঃস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে, যেমন, কপার হাইড্রাইড (CuH)। আবার সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম প্রভৃতি ধাতু সুস্থিত অনুদ্বায়ী হাইড্রাইড NaH, KH, CaH_2 ইত্যাদি গঠন করে।	10. অধাতু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সুস্থিত যৌগ গঠন করে এবং অধাতুর হাইড্রাইডগুলি সাধারণতঃ উদ্বায়ী। যথা, NH_3, PH_3, CH_4, SH_2, ClH প্রভৃতি পদার্থগুলি গ্যাস।
11. ধাতু হ্যালোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হ্যালাইড যৌগ দিয়া	11. অধাতব মৌলপদার্থও হ্যালোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া হ্যালাইড গঠন

ধাতু

থাকে। যথা, $AgCl, ZnCl_2$। এই হ্যালাইডগুলি সাধারণতঃ জলের সহিত কোন বিক্রিয়ায় যোগ দেয় না, কেবল যে সমস্ত হ্যালাইড জলে দ্রবীভূত হয়, তাহারা আয়নিত হয়।

$$ZnCl_2 \rightleftharpoons Zn^{++} + 2Cl^-$$

তবে কতকগুলি ধাতব হ্যালাইড, যেমন, $FeCl_3$, $AlCl_3$ প্রভৃতি, জল দ্বারা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়। যথা,

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightleftharpoons Fe(OH)_3 + 3HCl$$

ধাতব হ্যালাইডগুলি অনুদ্বায়ী, কিন্তু ষ্ট্যানিক ক্লোরাইড সাধারণ উষ্ণতাতেই উদ্বায়ী।

অধাতু

করে; কিন্তু অধাতব হ্যালাইডগুলি জলের সংস্পর্শে আসামাত্র জলের সহিত বিক্রিয়া করে এবং সম্পূর্ণরূপে রূপান্তর প্রাপ্ত হয়। যেমন, $PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$.

ব্যতিক্রম ঃ—কার্বনের ক্লোরাইড (অধাতব ক্লোরাইড, CCl_4) জলের সহিত বিক্রিয়ায় যোগদান করে না।

(ii) প্রকৃতিতে বর্তমান ধাতব যৌগ (খনিজ) হইতে ধাতুনিষ্কাশন পদ্ধতি

প্রকৃতিতে যাহা কিছু অজৈব দ্রব্য পাওয়া যায় তাহাই **খনিজ** (mineral) নামে অভিহিত হয়। তবে ধাতব যৌগমাত্রেই ধাতুনিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয় না। যেমন, অ্যালুমিনিয়ামের বহুপ্রকার যৌগ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, এমন কি কাদা মাটিতেও অ্যালুমিনিয়ামের যৌগ যথেষ্ট পরিমাণে আছে। কিন্তু একমাত্র বক্সাইট (Bauxite ; $Al_2O_3, 2H_2O$) এবং ক্রায়োলাইট (Cryolite, AlF_3, 3NaF) অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হয়। এই প্রকারের স্বভাবজাত ধাতব যৌগ যাহা হইতে সহজে এবং সুলভ উপায়ে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় তাহাকে

ধাতুর **আকরিক** (ore) বলে। বেশীর ভাগ স্বভাবজাত ধাতব যৌগই খনি (mine) হইতে পাওয়া যায়। খনি কোন কোন সময় ভূত্বকের উপরে থাকে, তবে বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই ভূগর্ভে অনেক নিম্নে খনি পাওয়া যায়।

কোন কোন ধাতু যাহা সাধারণতঃ বায়ুর অক্সিজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড বা জলীয় বাষ্পের সহিত ক্রিয়া করে না তাহা মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে কিছু কিছু পাওয়া যায়। যেমন, সিলভার, গোল্ড, প্লাটিনাম। ধাতব কপারও লেক সুপিরিয়রের (Lake Superior, Canada) নিকট চাঙরূপে পাওয়া গিয়াছে। তবে অধিকাংশ ধাতুই তাহাদের বিভিন্ন যৌগরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। তাহারা বায়ুর উপরিলিখিত উপাদানগুলিদ্বারা সহজেই আক্রান্ত হয় এবং তাহাদের যৌগে পরিণত হয়, তাই যৌগরূপেই খনি হইতে তাহাদের সংগ্রহ করা হয়। যেমন, আয়রণ, সোডিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম। সিলভার প্রকৃতিতে যৌগ হিসাবেও পাওয়া যায়। ধাতব খনিজ প্রায়ই শক্ত কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়। তবে ধাতুর খনিজে আসল ধাতব যৌগের সহিত মাটি, বালি প্রভৃতি মিশিয়া থাকে। ধাতব খনিজের এই সমস্ত অপ্রয়োজনী দ্রব্যকে **খনিজ-মল** (Gangue অথবা Matrix) বলে। খনিজ-মলের প্রকৃতি ও পরিমাণ খনিজের অবস্থান ও পারিপার্শ্বিক অবস্থার উপর নির্ভর করে। যেমন, কপার পাইরাইটিসে (Copper Pyrities ; Cu_2S, Fe_2S_3) মাত্র শতকরা 4-5 ভাগ কপার থাকে, কারণ নানাপ্রকারের খনিজ-মলের সহিত কপার পাইরাইটিস মিশ্রিত থাকে। তবে যে-কোনও খনিজের রাসায়নিক উপাদানগুলি প্রায় নির্দিষ্ট থাকে। যেমন, গ্যালেনায় (PbS) লেড সলফাইডের সহিত সিলভার সলফাইড ও জিঙ্ক সলফাইড থাকিবেই।

প্রাকৃতিক ধাতব যৌগসমূহ :—ধাতুসকল নিম্নলিখিত বিভিন্ন যৌগরূপে সাধারণতঃ প্রকৃতিতে পাওয়া যায় ; যেমন

(ক) **অক্সাইড** (Oxide) : অ্যালুমিনিয়াম (বক্সাইট : $Al_2O_3, 2H_2O$)
কপার [কিউপ্রাইট : Cu_2O]
আয়রণ [হিমাটাইট : Fe_2O_3]
জিঙ্ক [রেড জিঙ্ক আকরিক : ZnO]

(খ) **সলফাইড** (Sulphide) : কপার [কপার গ্লান্স্ : Cu_2S]
সিলভার [আর্জেনটাইট বা সিলভার গ্লান্স : Ag_2S]

জিঙ্ক [জিঙ্ক ব্লেণ্ড : ZnS]
মার্কারী [সিনাবার : HgS]
আয়রণ [আয়রণ পাইরাইটিস : FeS_2]
লেড [গ্যালেনা : PbS]

(গ) কার্বনেট (Carbonate) : ম্যাগনেসিয়াম [ম্যাগনেসাইট : $MgCO_3$]
ক্যালসিয়াম [মারবেল, চুনাপাথর, খড়িমাটি : $CaCO_3$]
আয়রণ [স্প্যাথিক আয়রণ আকরিক : $FeCO_3$]

(ঘ) সলফেট (Sulphate) : ম্যাগনেসিয়াম [কাইজেরাইট : $MgSO_4, H_2O$]
ক্যালসিয়াম [জিপসাম : $CaSO_4, 2H_2O$]

(ঙ) নাইট্রেট (Nitrate) : সোডিয়াম [চিলি সল্টপিটার : $NaNO_3$]
পটাসিয়াম [নাইটার : KNO_3]

(চ) হ্যালাইড (Halide) : ম্যাগনেসিয়াম [কার্নালাইট : $MgCl_2, KCl, 6H_2O$]
ক্যালসিয়াম [ফ্লুয়োরস্পার : CaF_2]
সোডিয়াম [সোডিয়াম ক্লোরাইড : $NaCl$]

(ছ) ফস্‌ফেট (Phosphate) ক্যালসিয়াম [ফসফোরাইট : $Ca_3(PO_4)_2$]
ফ্লুয়োর-অ্যাপাটাইট : $3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$]
আয়রণ [ভিভিয়েনাইট : $Fe_3(PO_4)_2, 8H_2O$]

(জ) সিলিকেট (Silicate) : অ্যালুমিনিয়াম [ফেলস্পার : $KAlSi_3O_8$]
কপার [ক্রাইসোকোলা : $CuSiO_3, 2H_2O$]
ম্যাগনেসিয়াম [মাইকা (অভ্র) : $KHMg_2Al_2(SiO_4)_3$] অ্যাসবেসটস : $CaMg_3(SiO_3)_4$]

খনিজ বা আকরিক হইতে যে পদ্ধতিতে ধাতু নিষ্কাশন করা হয় তাহাকে **ধাতুবিদ্যা** (metallurgy) বলে। এই ধাতুবিদ্যায় কতকগুলি বিশেষ বিশেষ প্রক্রিয়া অবলম্বিত হয়। নিম্নে এই বিশেষ প্রক্রিয়াগুলির সংজ্ঞাসহ নাম ও উদাহরণ দেওয়া হইল :—

(1) **ভস্মীকরণ** (Calcination) :—কোন আকরিককে উহার গলনাঙ্কের নিম্ন উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া উহা হইতে উদ্বায়ী বস্তুকে (যথা জলীয় বাষ্প, কার্বন ডাই-অক্সাইড, আর্সেনিয়াস অক্সাইড প্রভৃতি) অপসারিত করার পদ্ধতিকে

ভস্মীকরণ বলে। সময় সময় ভস্মীকরণ দ্বারা ধাতুর নিম্নযোজ্যতার অক্সাইডকে উচ্চযোজ্যতার অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। যেমন, স্প্যাথিক আয়রণ আকরিক ভস্মীকরণ পদ্ধতি প্রয়োগে কার্বন ডাই-অক্সাইডমুক্ত করা হয় এবং উহাতে যে ফেরাস অক্সাইড থাকে তাহা ফেরিক অক্সাইডে পরিণত করা হয়। ব্রাউন হিমাটাইট হইতে ভস্মীকরণ পদ্ধতি প্রয়োগে জল অপসারণ করা হয়। এই প্রক্রিয়ায় আকরিক সচ্ছিদ্র এবং ফাঁপা হয়। তাহাতে পরবর্তী বিজারণ পদ্ধতি সহজে নিষ্পন্ন হয়।

(2) **ঝলসানো বা ভর্জন** (Roasting) :—কোন আকরিককে তাহার গলনাঙ্কের নিম্ন উষ্ণতায় প্রচুর বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া জারিত করিবার পদ্ধতিকে ভর্জন বলে। যেমন জিঙ্কেও (ZnS)কে ভর্জিত করিলে জিঙ্ক অক্সাইডে (ZnO) পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়াতেও আকরিক গলানো হয় না।

দ্রষ্টব্য **:—অনেক ক্ষেত্রে ভস্মীকরণ এবং ভর্জন একই অর্থে ব্যবহৃত হইতে দেখা যায়।**

(3) **বিগলন** (Smelting) : আকরিক হইতে চুল্লীতে উত্তাপ প্রয়োগ দ্বারা গলিত অবস্থার ধাতুর নিষ্কাশনকে বিগলন বলে।

(4) **জোড়া দেওয়া** (Welding) : দুইটি ধাতুর পাতকে গলাইয়া বা উত্তপ্ত করিয়া ঘা মারিয়া একটি পাতে পরিণত করাকে জোড়া দেওয়া বলে। আবার একটি সামান্য উত্তাপে বিগলিত হয় এরূপ ধাতু বা ধাতু-সঙ্করের (alloy) সাহায্যে অন্য একটি ধাতুর পাতকে জোড়া দেওয়ার পদ্ধতিকে **"ঝাল"** দেওয়া (Soldering) বলে।

(5) **বিগালক** (**Flux**) **সাহায্যে খনিজ-মল অপসারণ** :—আকরিকের সহিত নানাপ্রকার অপ্রয়োজনীয় দ্রব্য ও মালিন্য (impurities বা gangue) মিশ্রিত থাকে তাহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। এই অশুদ্ধিগুলি চুল্লীর উচ্চ উষ্ণতায় আলাদাভাবে গলে না। তাই আকরিকের সঙ্গে নির্বাচিত অন্য পদার্থ যোগ করিয়া বিগলন পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়। তাহাতে আকরিকের অশুদ্ধিগুলি উক্ত নির্বাচিত অতিরিক্ত পদার্থের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া বিগলিত যৌগিক পদার্থ উৎপন্ন করে। এই গলিত পদার্থকে **ধাতু-মল** (Slag) বলে। নির্বাচিত অতিরিক্ত পদার্থ যাহা আকরিকে যোগ করা হয় তাহাকে বিগালক বলে।

ধাতুমল=বিগালক+আকরিকের অশুদ্ধি।

ধাতুমল সাধারণতঃ ধাতু অপেক্ষা হালকা বলিয়া গলিত অবস্থায় গলিত ধাতুর উপর পৃথক্ ভাবে জমা হয় এবং ধাতু ও ধাতুমল দুইটি বিভিন্ন স্তর সৃষ্টি করে; সুতারং সহজেই ধাতুমলের স্তরকে ধাতুর উপর হইতে বাহির করিয়া লওয়া যায় এবং তাহাতেই বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়।

অ্যাসিডধর্মী খনিজ-মল [যথা, বালি, অর্থাৎ সিলিকা (SiO_2)] ক্ষারকীয় বিগালক [যথা, লাইম (CaO) অথবা ম্যাগনেসিয়া (MgO)] যোগ করিয়া এবং ক্ষারকীয় খনিজ-মল [যথা, ফেরাস অক্সাইড (FeO)] অথবা লাইম (CaO)] অ্যাসিড-ধর্মী বিগালক [যথা, সিলিকা (SiO_2)] যোগ করিয়া চুল্লীতে বিগলন প্রক্রিয়া প্রয়োগ দ্বারা গলিত ধাতুমল হিসাবে অপসারিত করা হয়।

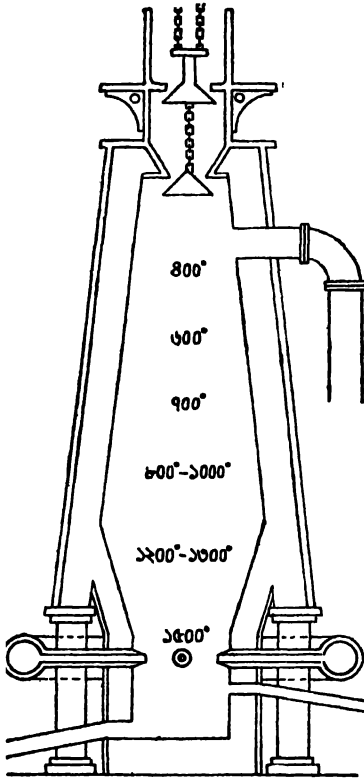
ধাতুবিদ্যায় ব্যবহৃত দ্রব্যাদি ও চুল্লী :—

(1) **অগ্নিসহ মৃত্তিকা** (Fire-Clay) :—চায়না-ক্লে (China-Clay) এবং বালির মিশ্রণ, যাহা প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, তাহা প্রায় অগলিতব্য (infusible) হয় এবং চুল্লীর উষ্ণতাতেও গলে না। এই মিশ্রণকে তাই অগ্নিসহ মৃত্তিকা নাম দেওয়া হয়। ইহা চুল্লীর ও মুষার (Crucible) ভিতরের আস্তরণ (lining) প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়।

অগ্নিসহ ইষ্টক (Fire-clay bricks) :—অগ্নিসহ মৃত্তিকার সাহায্যে ইষ্টক প্রস্তুত করিয়া চুল্লীর কক্ষ এবং বক্ষ (hearth) প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। এই ইষ্টকগুলি অ্যাসিডধর্মী, কারণ ইহাতে সিলিকা (SiO_2) থাকে। সময় সময় চুল্লীর বক্ষ প্রস্তুতে ক্ষারকধর্মী ইষ্টক প্রয়োজন হয়। তখন লাইম (CaO) এবং ম্যাগনেসিয়া দ্বারা ইষ্টক তৈয়ারী করিয়া ব্যবহার করা হয়। এই প্রকার ইষ্টকও অগ্নিসহ। আবার যখন চুল্লী প্রস্তুতে অ্যাসিডধর্মী ও ক্ষারকধর্মী দুই প্রকার ইষ্টকই ব্যবহার করা প্রয়োজন হয় তখন ক্রোমাইট [Chromite, বা Chrome iron ore (FeO. Cr_2O_3)] দ্বারা প্রস্তুত ইষ্টক অ্যাসিডধর্মী ও ক্ষারকধর্মী ইষ্টককে পৃথক করিতে চুল্লীর বক্ষ নির্মাণে প্রয়োগ করা হয়। এই প্রকার ইষ্টকও অগ্নিসহ।

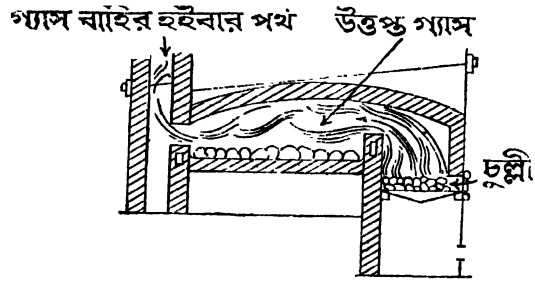
চুল্লী (Furnace) : ধাতু বিদ্যায় নানাপ্রকার চুল্লী ব্যবহৃত হইতে দেখা যায়। তাহাদের একটি বিবরণ এখানে দেওয়া হইল।

(ক) • **বায়ু বা মারুতচুল্লী** (Blast Furnace) :—এই চুল্লী প্রায় 75 হইতে 120 ফুট উচ্চে। ইহার নিম্নভাগ দিয়া প্রবল বায়ুপ্রবাহ চালনা করিয়া চুল্লীতে অবস্থিত পদার্থ উত্তপ্ত করা হয়। ইহাদের বাহিরটা পেটা লোহা (Wrought iron) দ্বারা প্রস্তুত এবং ভিতরটা অগ্নিসহ মৃত্তিকার আস্তরণ দেওয়া। ইহার উপরের মুখ দিয়া আকরিক, জ্বালানী, বিজারক এবং বিগালক ঠিক অনুপাতে মিশ্রিত করিয়া ফেলা হয়। উক্ত মিশ্রণের চাপে চুল্লীর মুখের ঢাকনা (Cup and cone arrangement) নামিয়া যায় এবং মিশ্রণটি চুল্লীর ভিতরে পড়ে। চুল্লীর মধ্যস্থল একটু মোটা করা থাকে। তাহাকে বসেস্ (Bosches) বলে। এই চুল্লীর বিভিন্ন অংশের ছবিতে দেখান মত বিভিন্ন উষ্ণতা হয়। গলিত ধাতু চুল্লীর নীচে অবস্থিত চুল্লীবক্ষে (hearth) জমা হয়, আর তাহার উপর গলিত ধাতুমল সঞ্চিত হয়। ধাতু এবং ধাতুমল বাহির করিয়া লইবার বিভিন্ন ছিদ্র থাকে

চিত্র নং—21

এবং সেগুলি অগ্নিসহ মৃত্তিকার সাহায্যে বন্ধ করা থাকে। প্রয়োজনমত সরাইয়া ধাতু ও ধাতুমল বাহির করিয়া লইয়া পুনরায় কার্যকালে উহাদের বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। (ইহার ব্যবহার আয়রণ নিষ্কাশনের সময় বর্ণিত হইয়াছে)।

আর এক প্রকারের মারুত-চুল্লী কপার এবং লেড নিষ্কাশনের সময় ব্যবহৃত হয়। ইহার উপরের অংশে সংযুক্ত নলের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জল চালনা করিয়া উহাকে

শীতল রাখা হয় এবং নিম্নের অংশে বায়ু প্রবেশ করিয়া চুল্লীতে অবস্থিত পদার্থকে উত্তপ্ত করা হয়। ইহার বর্ণনা কপার ও লেড নিষ্কাশন-পদ্ধতি বর্ণনার সহিত পাওয়া যাইবে।

(খ) পরাবর্ত চুল্লী (Reverberatory Furnace) :—এই চুল্লী অগ্নিসহ ইষ্টক দ্বারা নির্মিত এবং ইহার চারিদিক প্রাচীর দিয়া ঘেরা। ইহার মধ্যস্থলে চুল্লী-বক্ষ (hearth) অবস্থিত। এই চুল্লীবক্ষে অন্য পদার্থের সহিত আকরিক রাখা হয়। চুল্লী বক্ষের এক পার্শ্বে ভিন্ন ভাবে উনান (fire-place) অবস্থিত এবং তাহার উল্টা দিকে গ্যাস নির্গমনের পথ (flue)। উনানে কয়লা বা অন্য জ্বালানি পোড়ান হয়। বক্ষের দুই পাশে কিছুদূর ছোট প্রাচীর দিয়া ঘেরা থাকে। বক্ষের উপরের ছাদ অর্ধ-গোলাকৃতি ঢালু খিলান দ্বারা আবৃত থাকে। উনান হইতে উত্থিত তপ্ত গ্যাস বা অগ্নিশিখা ঢালু ছাদ কর্তৃক প্রতিফলিত (reflected) হইয়া আসিয়া চুল্লীবক্ষে অবস্থিত আকরিক ও মিশ্রিত পদার্থগুলিকে সমানভাবে উত্তপ্ত করে। উনানের নীচে লোহার ঝাঁঝরা (iron-grates) দিয়া বায়ু উনানে প্রবেশ করে। চুল্লীর ভিতরের গ্যাস নির্গমন পথ দিয়া বাহির হইয়া যায়। চুল্লীবক্ষে আকরিক যোগ করিবার, উৎপন্ন ধাতু বাহির করিবার, উনানের ছাই ফেলিবার এবং উনানে কয়লা বা জ্বালানি যোগ করিবার বিভিন্ন দরজা বা পথ থাকে। এই চুল্লীতে সোজাসুজি জ্বালানির সংস্পর্শে আগুনের উপর আকরিক রাখা হয় না।

চিত্র নং—22

(গ) সংবৃত্ত চুল্লী (Muffle Furnace) :—অগ্নিসহ ইষ্টক দ্বারা নির্মিত চারিদিকে সম্পূর্ণ বন্ধ এই চুল্লীর প্রকোষ্ঠে আকরিক রাখা হয়। উত্তপ্ত জ্বালানি গ্যাস এই প্রকোষ্ঠের বাহিরের চতুর্দিকে প্রবাহিত করিয়া ইহাকে উত্তপ্ত করা

হয়। উত্তপ্ত গ্যাস চুল্লীর ভিতরে প্রবেশ করিতে পারে না এবং চুল্লীর অভ্যন্তরে অবস্থিত পদার্থগুলি জ্বালানি গ্যাসের সংস্পর্শে আসিতে পারে না। উত্তাপ দেওয়ার ফলে পদার্থগুলি হইতে যদি কোন গ্যাস উৎপন্ন হয় তবে তাহার নির্গমনের জন্য চুল্লীর উপরের দিকে একটি নির্গম-নল লাগান থাকে।

চিত্র নং—23

(ঘ) বৈদ্যুতিক চুল্লী (Electric Furnace):—দুইটি তড়িৎ দ্বারের সাহায্যে চুল্লীর ভিতর দিয়া প্রবল তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিয়া অত্যন্ত উচ্চ উষ্ণতা উৎপন্ন করা হয়। এই বৈদ্যুতিক চুল্লী দুই প্রকারের হয়: **আবেশ চুল্লী** (Induction Furnace) এবং **আর্ক চুল্লী** (Arc Furnace)। এই দুই প্রকারের চুল্লীতেই ভিতরে অবস্থিত পদার্থ অনেক উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা সম্ভব হয় এবং তাহাতে ধাতুর নানাপ্রকার অশুদ্ধি দূরীভূত করা সম্ভব হয়। এই দুই প্রকারের চুল্লীই ইস্পাতকে (Steel) সলফার-মুক্ত করিতে ব্যবহৃত হয়।

ইন্ধন (Fuel):—যে সমস্ত পদার্থ চুল্লীতে তাপ উৎপাদন করিতে পোড়ান হয় তাহাকে ইন্ধন বলে। ইন্ধনে কার্বন, অথবা হাইড্রোজেন বা উভয় মৌলিক উপাদানই বেশী থাকে। কার্বন বা হাইড্রোজেন পুড়িবার সময় অক্সিজেনের সহিত ক্রিয়া করিয়া তাপ উৎপাদন করে। কাঠ, কয়লা, কাঠকয়লা, (wood charcoal), খনিজ তৈল (mineral oil), (যথা, কেরোসিন, পেট্রল), স্বাভাবিক গ্যাস (natural gas, কার্বন মনোক্সাইড, মিথেন, হাইড্রোজেন ও হিলিয়ম প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্রণ, পেট্রোলিয়মের খনির নিকট পাওয়া যায়), কোল-গ্যাস (coal gas), জল-গ্যাস (water gas) প্রভৃতি ইন্ধন হিসাবে প্রয়োজন মত ব্যবহৃত হয়।

আকরিক হইতে ধাতু নিষ্কাশনের পূর্বের প্রক্রিয়াসমূহ:—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, ধাতুর আকরিক সকল নানাবিধ অশুদ্ধিযুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া

যায়। সেইজন্য নানা প্রক্রিয়া দ্বারা তাহাদের অশুদ্ধি মুক্ত করা হয়। নিম্নে কয়েকটি সাধারণ প্রণালী বর্ণিত হইল :—

(1) **ভাঙ্গা** (Breaking এবং Crushing):—খনি হইতে আকরিকগুলির বড় বড় চাঙ তুলিয়া আনা হয়। এই চাঙগুলিকে যন্ত্র (যথা, jaw-crusher) দিয়া অথবা হাতুড়ি দিয়া আঘাত করিয়া প্রয়োজনীয় ছোট আকারে আনা হয়।

(2) **পেষণ ও বিচূর্ণন** (Grinding এবং Pulverising):—অনেক সময় আকরিককে যন্ত্র সাহায্যে (যথা, Grinding mills) গুঁড়া করিয়া বিভিন্ন মাপের দানায় পরিণত করা হয়। তাহার পর বিভিন্ন চালুনি (Sieve) দিয়া চালিয়া পৃথক করা হয়।

(3) **গাঢ়ীকরণ** (Concentration অথবা Dressing):—এই চূর্ণীকৃত আকরিক বালি এবং অন্যান্য খনিজ-মল (gangue) হইতে নিম্নলিখিত উপায়ে পৃথক্ করা হয় :

(i) **ধৌতকরণ** (Washing):—চূর্ণ আকরিককে জলপ্রবাহে ধৌত করা হয়। ইহাতে বালি ও অন্যান্য হালকা অশুদ্ধি জলের সঙ্গে ভাসিয়া যায়। টিনের আকরিকের আপেক্ষিক ঘনত্ব 6·95, তাই উহাকে এইভাবে ধৌত করিয়া হাল্কা অশুদ্ধি হইতে মুক্ত করা হয়।

(ii) **চুম্বক দ্বারা পৃথকীকরণ**:—আকরিকে অবস্থিত কোন কোন অশুদ্ধি চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হইবার মত অবস্থায় আনা হয়। তখন চুম্বকের সাহায্যে তাহাকে অপসারিত করা যায়। টিনের আকরিক টিন-ষ্টোনে উলফ্র্যাম (Wolfram, ferrous tungstate, $FeWO_4$) অশুদ্ধি হিসাবে থাকে। তাহারও আপেক্ষিক গুরুত্ব টিন-ষ্টোনের প্রায় সমান (7·1), তাই ধৌতকরণে ইহা অপসারিত হয় না। টিন-ষ্টোন ধৌতকরণের পর ভর্জন করা হয়। তাহাতে ফেরাস টঙষ্টেট ফেরিক টঙষ্টেটে পরিণত হয় এবং তখন উহা চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়। তাই তখন চুম্বকের সাহায্যে উহাকে অপসারিত করা হয়।

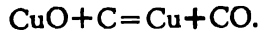
(iii) **ভাসন** (Floatation):—এই পদ্ধতি সলফাইড আকরিক [যেমন, কপার পাইরাইটিস (Copper Pyrites, $CuFeS_2$), গ্যালেনা (Galena, PbS), জিঙ্কব্লেণ্ড (Zinc blende, ZnS) প্রভৃতি] বালি হইতে পৃথক্ করিয়া গাঢ় অবস্থায় আনিতে ব্যবহৃত হয়। একটি বিশিষ্ট পাত্রে চূর্ণ আকরিককে জল, একটু অ্যাসিড এবং একটু তৈলের (যথা পাইন অথবা ইউক্যালিপটাস্ তৈল) এবং

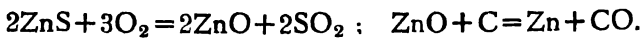
সোডিয়াম জ্যানথেটের (sodium xanthate) সহিত মিশাইয়া উক্ত মিশ্রণের ভিতর বায়ু-প্রবাহ চালনা করিয়া মিশ্রণটিকে মন্থন করা হয়। সলফাইড আকরিক তৈল দ্বারা সিক্ত হইয়া ফেনার সহিত জলের উপর ভাসিয়া উঠে; বালি ঘটিত অশুদ্ধিগুলি জল দ্বারা সিক্ত হইয়া নীচে ডুবিয়া যায়। ফেনাগুলি হাতার সাহায্যে কাটিয়া তুলিয়া আনিয়া একস্থানে জমা করা হয়। বায়ু-প্রবাহে তৈল উড়িয়া যাওয়ার পর গাঢ় আকরিক পাওয়া যায়। এইভাবে তৈলের সাহায্যে ভাসন-প্রণালী (oil floatation process) প্রয়োগ করিয়া প্রাপ্ত অশুদ্ধি হইতে বিমুক্ত আকরিককে **গাঢ় আকরিক** (concentrate) বলে।

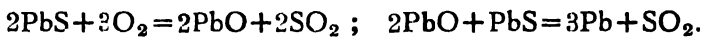
ধাতু নিষ্কাশনের প্রণালীসমূহ :—আকরিক হইতে কোন্ পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া ধাতু উৎপাদন করা হইবে তাহা আকরিকের ও ধাতুর প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। যে সমস্ত ধাতু মুক্তভাবে (occurs in the free state অথবা occurs native) প্রকৃতিতে পাওয়া যায় তাহাদিগকে শোধন (refine) করিলে অশুদ্ধিগুলি অপসারিত হয় এবং বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। যেমন, কপার যখন মুক্ত অবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় তখন তাহা প্রায়ই বালি মিশ্রিত থাকে। তাই লাইম (CaO) যোগ করিয়া উহাকে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল হিসাবে গলিত অবস্থায় উৎপন্ন হয়। কপারের উপরে তাহা জমা হয় এবং গলিত অবস্থায় উহাকে ঢালিয়া ফেলিলেই প্রায় বিশুদ্ধ কপার পাওয়া যায়। তাহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণী পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ করিলেই অতি বিশুদ্ধ কপার পাওয়া যায়। কিন্তু যখন আকরিক ধাতুর যৌগরূপে পাওয়া যায় তখন বিভিন্ন যৌগরূপে প্রাপ্ত খনিজের বেলায় বিভিন্ন উপায় অবলম্বন করিয়া ধাতু নিষ্কাশন করিতে হয়। নীচে এই বিভিন্ন পদ্ধতিগুলি একে একে বর্ণনা করা হইল :—

(1) যখন ধাতুর আকরিক ইহার অক্সাইডরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়, (অথবা সলফাইড, কার্বনেট বা ক্ষারকীয় কার্বনেটরূপে প্রকৃতিতে উহা পাওয়া যায়, তখন উহাকে বায়ুর সংস্পর্শে খুব উত্তপ্ত করিয়া অক্সাইডে পরিণত করা যায়) তখন অক্সাইডকে (প্রাকৃতিক বা উৎপন্ন) কার্বনের (কাঠ কয়লা বা কোক কয়লা) সহিত মিশাইয়া চুল্লীর ভিতর উত্তপ্ত করিলে ধাতু পাওয়া যায়। উদাহরণ : আয়রণের (লৌহের) আকরিক অক্সাইডরূপে হিমাটাইটে (Fe_2O_3) পাওয়া যায়; ইহাকে কোক্ কয়লার সহিত মিশাইয়া মারুত চুল্লীতে খুব উত্তপ্ত করিয়া আয়রণ (লৌহ) পাওয়া যায়। $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$

কপারের আকরিক ম্যালাকাইট [$CuCO_3$, $Cu(OH)_2$] রূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। ইহাকে বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে কিউপ্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়। পরে উৎপন্ন অক্সাইডের সহিত কোক কয়লা মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া কপার উৎপন্ন করা হয়। $CuCO_3, Cu(OH)_2 = 2CuO + CO_2 + H_2O$

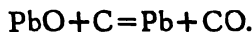
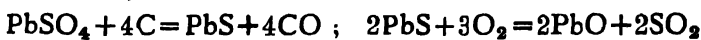
$$CuO + C = Cu + CO.$$

জিঙ্কের আকরিক জিঙ্কব্লেণ্ড (ZnS) বায়ুতে উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহা জিঙ্ক অক্সাইডে পরিণত হয়। পরে উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত কোক-কয়লা মিশাইয়া এক মুখবন্ধ বকযন্ত্রে রাখিয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিলে ধাতব জিঙ্ক উৎপাদিত হয়।

$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2 \; ; \quad ZnO + C = Zn + CO.$$

(2) কতকগুলি সলফাইড আকরিক যেমন গ্যালেনা, (PbS), কপার গ্লান্স (Cu_2S) বায়ুতে আংশিক ভাবে ভস্মীকরণে তাহাদের সামান্য পরিমাণ অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং এই উৎপন্ন অক্সাইড বাকী সলফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতু উৎপন্ন করে। এই পদ্ধতিকে **স্বয়ং-বিজারণ** (self-reduction) বলে। এই পদ্ধতিতে কার্বন যোগ করার প্রয়োজন হয় না।

$$2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2 \; ; \quad 2PbO + PbS = 3Pb + SO_2.$$

দ্রষ্টব্য : (1) সিনেবার (HgS) বায়ুতে উত্তপ্ত করিলেই সলফার পুড়িয়া সলফার ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয় এবং ধাতব মার্কারী বাষ্পাকারে উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন বাষ্পকে শীতল করিলেই ধাতব মার্কারী তরলরূপে পাওয়া যায়, সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উড়িয়া যায়।

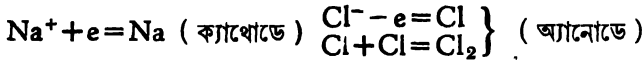
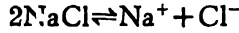
(3) যদি আকরিক সলফেট হয় তবে প্রথমে সলফেটকে কার্বন দ্বারা চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া বিজারিত করা হয়। তাহাতে ধাতুর সলফাইড উৎপন্ন হয়। পরে সলফাইডকে বায়ুর সংস্পর্শে খুব উত্তপ্ত করিয়া অক্সাইডে পরিণত করা হয়। অক্সাইডকে কোক কয়লার সহিত মিশাইয়া চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া ধাতু উৎপাদন করা হয়। উদাহরণ, অ্যাংগ্লেসাইট (Anglesite) হইতে লেড উৎপাদন নিম্নলিখিত প্রণালীতে হয় :

$$PbSO_4 + 4C = PbS + 4CO \; ; \quad 2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2$$

$$PbO + C = Pb + CO.$$

(4) **তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতি :**—(Electrolytic Method): এই পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া ক্ষার ধাতুর (Alkali metals) এবং মৃৎক্ষার ধাতুর (Alkaline

earth metals) গলিত (fused) ক্লোরাইড ও হাইড্রক্সাইডকে বিশ্লিষ্ট করিলে ক্যাথোডে (যে তড়িৎদ্বার দিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষ্য গলিত দ্রব্য হইতে তড়িৎপ্রবাহ বাহির হইয়া যায়) ধাতু মুক্ত হয়। উদাহরণ : গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা বিশ্লিষ্ট করিলে ক্যাথোডে ধাতব সোডিয়াম ও অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়।

$$2NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

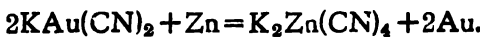
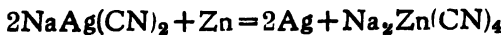
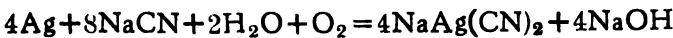
$$Na^+ + e = Na \text{ (ক্যাথোডে) } \left.\begin{matrix} Cl^- - e = Cl \\ Cl + Cl = Cl_2 \end{matrix}\right\} \text{ (অ্যানোডে)}$$

দ্রষ্টব্য : অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড হইতে **কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি** প্রয়োগে অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় না। তাই বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে [বক্সাইট (Al_2O_3, $2H_2O$) হইতে বেয়ার পদ্ধতি প্রয়োগে উৎপন্ন] গলিত ক্রায়োলাইটে (AlF_3, $3NaF$) দ্রবীভূত করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন করা হয়।

(5) **অন্য ধাতুর দ্বারা প্রতিস্থাপন পদ্ধতি :**—সিলভার এবং গোল্ডের আকরিক প্রকৃতিতে বহুপ্রকার অশুদ্ধির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। কিন্তু এই সিলভার ও গোল্ডঘটিত আকরিককে অতি পাতলা সোডিয়াম বা পটাসিয়াম সায়ানাইডের (NaCN অথবা KCN) দ্রবণের সহিত বায়ুপ্রবাহ দ্বারা মিশ্রিত করিলে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম আরজেণ্টো সায়ানাইডের [$NaAg(CN)_2$ অথবা $KAg(CN)_2$] এবং সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অরোসায়ানাইডের [$NaAu(CN)_2$ অথবা $KAu(CN)_2$] দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করিলে যথাক্রমে সিলভার অথবা গোল্ড অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই অধঃক্ষেপ সংগ্রহ করিয়া সোহাগার (borax, $Na_2B_4O_7$, $10H_2O$) খৈএর নীচে রাখিয়া গলাইয়া সিলভার বা গোল্ডের তাল তৈয়ারী করা হয়।

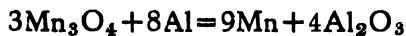
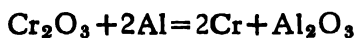
$$4Ag + 8NaCN + 2H_2O + O_2 = 4NaAg(CN)_2 + 4NaOH$$

$$2NaAg(CN)_2 + Zn = 2Ag + Na_2Zn(CN)_4$$

$$4Au + 8KCN + 2H_2O + O_2 = 4KAu(CN)_2 + 4KOH$$

$$2KAu(CN)_2 + Zn = K_2Zn(CN)_4 + 2Au.$$

এই প্রসঙ্গে ক্রোমিয়াম অক্সাইড (Cr_2O_3) এবং ম্যাঙ্গানিজ-অক্সাইডের থার্মিট প্রণালীতে (Thermit Process) ধাতব ক্রোমিয়াম ও ধাতব ম্যাঙ্গানিজ উৎপাদন প্রণালী উল্লেখ করিতে হয়। ক্রোমিয়াম অক্সাইড (Cr_2O_3) ও ম্যাঙ্গানিজ

অক্সাইডের (Mn_3O_4 যাহা MnO_2 হইতে উত্তাপ প্রয়োগে পাওয়া যায় অথবা প্রকৃতিতেও সময় সময় পাওয়া যায়) সহিত অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর গুঁড়া মিশাইয়া মিশ্রণকে একটি ক্যানেস্তারা টিনে রক্ষিত ফ্লুয়োরস্পারের (CaF_2) ভিতর গর্ত করিয়া রাখিয়া তাহার উপর সামান্য বেরিয়াম পার-অক্সাইড রাখিয়া তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ফিতা ডুবাইয়া রাখা হয়। তাহার পর ম্যাগনেসিয়ামের ফিতায় আগুন ধরাইয়া দিলে যে উত্তাপ উদ্ভূত হয় যাহাতে ধাতব ক্রোমিয়াম এবং ধাতব ম্যাঙ্গানিজ গলিত অবস্থায় উৎপন্ন হয়।

$$Cr_2O_3+2Al=2Cr+Al_2O_3$$
$$3Mn_3O_4+8Al=9Mn+4Al_2O_3$$

আবার সোডিয়াম অথবা পটাসিয়াম ধাতুর সহিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে ধাতব ম্যাগনেসিয়াম উৎপন্ন হয়। $MgCl_2+2Na=Mg+2NaCl$।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ-পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া অ্যালুমিনিয়ামের পণ্য উৎপাদন সংঘটিত করার পূর্বে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে কার্বনের সহিত মিশাইয়া ক্লোরিণের বাষ্পের ভিতর উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করা হইত। উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশাইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের যুগ্ম যৌগ উৎপাদন করা হইত। এই সোডিয়াম অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত ধাতব সোডিয়াম মিশাইয়া উত্তপ্ত করিয়া ধাতব অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন করা হইত। সেই কারণে তখন অ্যালুমিনিয়ামের দাম অনেক বেশী ছিল। $AlCl_3, NaCl+3Na=4NaCl+Al$.

ধাতুর শোধন (Refining of Metals):—উপরে লিখিত উপায়গুলির যে কোন একটি প্রয়োগ করিয়া ধাতু পাওয়া যায় বটে, কিন্তু তাহা বিশুদ্ধ ধাতু নহে। নানাপ্রকার অশুদ্ধি তাহাতে দেখিতে পাওয়া যায়। নিম্নলিখিত উপায়গুলি প্রয়োগ করিয়া ধাতুনিষ্কাশন পদ্ধতি দ্বারা উৎপন্ন ধাতুকে শোধন করা হয়:—

(ক) গলিত ধাতুর ভিতর দিয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা করিয়া অশুদ্ধগুলিকে জারিত করা হয় এবং জারিত অশুদ্ধিগুলি গলিত ধাতুর উপরে ভাসিয়া উঠে। তখন উপর হইতে হাতার সাহায্যে জারিত অশুদ্ধিগুলি সরাইয়া ফেলিলেই বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। যেমন, লেডকে নরম করার জন্য (Softening) চুল্লীতে গলাইয়া বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করিলে উহার অশুদ্ধিগুলি জারিত হইয়া অক্সাইডরূপে (সামান্য

PbO-এর সহিত মিশ্রিত অবস্থায়) উপরে গাদের (Scum) মত ভাসিয়া উঠে এবং হাতার সাহায্যে তাহাদের অপসারিত করা হয়।

(খ) সহজে বিগলিত হয় এমন ধাতুকে সামান্য উত্তাপ প্রয়োগে গলাইয়া তাহার সহিত মিশ্রিত উচ্চ উষ্ণতায় বিগলিত হইবার মত অশুদ্ধি হইতে পৃথক্ করা হয় (Liquation)। যেমন টিনকে আকরিক হইতে কার্বন-বিজারণ পদ্ধতিতে প্রাপ্ত হওয়ার পর একটি ক্রমঃনিম্নাভিমুখী চুল্লীর তলে রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে 232° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় একমাত্র টিন গলিয়া নীচে চলিয়া আসে, অশুদ্ধিগুলি কঠিন অবস্থায় উপরে থাকিয়া যায়।

(গ) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগে অতি বিশুদ্ধ ধাতু পাওয়া যায়। যেমন চুল্লী হইতে উৎপন্ন ফোস্কাযুক্ত কপার (blister copper) অনেক প্রকার অশুদ্ধিযুক্ত অবস্থায় থাকে। এই কপারকে হাতুড়ী দিয়া পিটাইয়া মোটাপাতে রূপান্তরিত করিয়া একটি সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত কপার সলফেটের দ্রবণে ডুবাইয়া অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয়। অতি বিশুদ্ধ কপারের সরু পাতকে উক্ত দ্রবণে ডুবাইয়া ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। তড়িৎ-প্রবাহ চালনা করিলে অ্যানোডে কপার দ্রবীভূত হয় এবং ক্যাথোডে অতিবিশুদ্ধ কপার জমা হয়।

(iii) **ধাতুর সাধারণ ধর্ম**:—(ক) **ভৌত ধর্মাবলী**:—(ক) প্রত্যেক ধাতুরই একটি নিজস্ব **দ্যুতি** দেখা যায়। যেমন, কপার লাল দ্যুতিসম্পন্ন, সিলভার সাদা দ্যুতিসম্পন্ন (খ) সাধারণ উষ্ণতায় মার্কারী ব্যতীত সমস্ত ধাতু কঠিন অবস্থায় থাকে। সাধারণতঃ ধাতুর গলনাঙ্ক এবং স্ফুটনাঙ্ক উচ্চ হয়। ধাতুগুলির বাষ্পীয় অবস্থায় অণু সাধারণতঃ এক-পরমাণুক (monatomic)। (গ) ধাতুগুলি তাপ ও তড়িৎ-পরিবাহী; সিলভার ও তাহার পরই কপার অতি ভাল তড়িৎ-পরিবাহী। (ঘ) ইহারা ঘাতসহনশীল (malleable) এবং প্রসার্যমান (ductile)। গোল্ড সর্বাপেক্ষা ঘাত-সহনশীল এবং প্রসার্যমান; ইহাকে পিটাইয়া 0·00009 মিলিমিটার মোটা পাতে পরিবর্তিত করা যায়। ইহা হইতে গোল্ড লেসে ব্যবহৃত গোল্ডের সূতা 0·000002 মিলিমিটার মোটা (অর্থাৎ অতি সূক্ষ্ম সূতা) প্রস্তুত করা যায়। (ঘ) ধাতুর ঘনত্ব সাধারণতঃ উচ্চ হয়। কেবল ক্ষার ধাতু, ম্যাগনেসিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়ামের ঘনত্ব কম।

(খ) **তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী** (Electro-Chemical Series):—কোন একটি ধাতুকে তাহার কোন লবণের জলীয় দ্রবণের সংস্পর্শে রাখিলে

দুইটি বিপরীত বিক্রিয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। যেমন, ধাতব জিঙ্কের একটি দণ্ডকে জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণের ভিতর আংশিক ডুবাইয়া রাখিলে একদিকে জিঙ্ক ধাতুর পরমাণুগুলি দ্রবণে আয়ন (Zn^{++}) রূপে চলিয়া যাইতে চেষ্টা করে। আবার দ্রবণে যে জিঙ্কের আয়ন ($ZnSO_4 \rightleftharpoons Zn^{++} + SO_4^{--}$) আছে তাহা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ধাতব জিঙ্কের পরমাণুতে পরিণত হইয়া জিঙ্কের দণ্ডের উপর জমা হইতে চেষ্টা করে। $Zn \rightleftharpoons Zn^{++} + 2e.$

এইক্ষেত্রে দেখা যায় যে, জিঙ্কের পরমাণুর আয়নে রূপান্তরিত হইবার ক্ষমতা জিঙ্কের আয়নের ধাতব জিঙ্কের পরমাণুতে রূপান্তরিত হইবার ক্ষমতা অপেক্ষা বেশী। তাই জিঙ্কের দণ্ড হইতে জিঙ্ক আয়নরূপে দ্রবণে চলিয়া যায়। সেই কারণে এইখানে জিঙ্কের দণ্ডের উপর ধনাত্মক বিদ্যুৎশক্তি (positive charge) বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইবে। আবার কপারের পাতকে কপার সলফেটের দ্রবণে আংশিক ডুবাইয়া রাখিলে দ্রবণে বর্তমান কপার আয়ন ($CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--}$) কপারের পাতের উপর জমা হইবে। ইহাতে কপারের পাতে ঋণাত্মক বিদ্যুৎ-শক্তি (negative charge) বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইবে। এখন প্রত্যেকটি ধাতুকে যদি তাহার নিজ নিজ আয়ন ঘটিত তুল্যদ্রবণে (equivalent solutions) আংশিক ডুবাইয়া রাখা হয় তাহা হইলে বিভিন্ন ধাতুর আয়নে পরিণত হওয়ার ক্ষমতার একটা তুলনা করা যাইতে পারে। তুল্যদ্রবণ বলিতে দ্রবণের এক লিটারে ধাতুর এক গ্রাম-আয়ন দ্রবীভূত অবস্থায় রাখা হয়।

এইভাবে ধাতুগুলির উপর যে তড়িৎ-বিভবের (electric potential) সৃষ্টি হয় তাহার পরিমাণ অনুসারে ধাতুগুলিকে সাজানো হয়। এইভাবে ধাতু-গুলিকে সাজাইলে তাহাদের রাসায়নিক ধর্মের একটি তুলনামূলক পরিমাপ পাওয়া যায়।

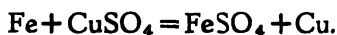
নীচে এই তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে ধাতুগুলি সাজাইয়া দেখান হইল :—

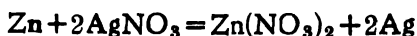
পটাসিয়াম	(K)	এই পাঁচটি ধাতু বিশেষ সক্রিয়। ইহাদিগকে প্রকৃতিতে কখনই মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। এই ধাতুগুলিকে পাইতে হইলে তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া নিষ্কাশন কার্য সম্পন্ন করিতে হয়।
ক্যালসিয়াম	(Ca)	
সোডিয়াম	(Na)	
ম্যাগনেসিয়াম	(Mg)	
অ্যালুমিনিয়াম	(Al)	

জিঙ্ক	(Zn)	এই চারিটি ধাতুর ক্রিয়াশীলতা অপেক্ষাকৃত কম। প্রকৃতিতে ইহাদের অক্সাইড বা সলফাইড সাধারণতঃ পাওয়া যায়। লেড, আয়রণ ও জিঙ্ক কার্বনেটরূপেও পাওয়া যায়।
আয়রণ	(Fe)	
টিন	(Sn)	
লেড	(Pb)	
*** হাইড্রোজেন**	(H)	
কপার	(Cu)	এই ধাতু চারিটির বিক্রিয়াশীলতা আরও অনেক কম। কখন কখন প্রকৃতিতে ইহাদিগকে মৌলাবস্থায় (**native**) পাওয়া যায়।
মার্কারী	(Hg)	
সিলভার	(Ag)	
গোল্ড	(Au)	

* এই তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের অবস্থান দেখান হইয়াছে। ধাতুগুলির ভিতর ইহাকে বসানোর কারণ এই যে ইহা ধাতুগুলির মত ধনাত্মক তড়িৎ-শক্তিযুক্ত আয়ন উৎপন্ন করে। আর এই তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনকে ঐ স্থানে বসাইয়া ইহাও বুঝান হয় যে, ইহার উপরে যে সমস্ত ধাতু অবস্থিত তাহারা হাইড্র্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে; কিন্তু ইহার নীচে অবস্থিত ধাতুগুলি হাইড্র্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিতে পারে না।

আবার এই তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীর তালিকার উল্লিখিত উপরের ধাতু নীচের ধাতুকে তাহার লবণের দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। যেমন কপার সলফেটের দ্রবণের ভিতর ছুরীর আয়রণের তৈয়ারী ফলা ডুবাইলে আয়রণের উপর কিছুক্ষণের ভিতরেই কপারের আস্তরণ পড়ে।

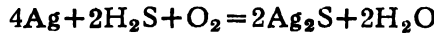
$$Fe + CuSO_4 = FeSO_4 + Cu.$$

আবার, সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণের ভিতর এক টুকরা জিঙ্ক ডুবাইয়া রাখিলে তাহার উপর সিলভারের আস্তরণ পড়ে।

$$Zn + 2AgNO_3 = Zn(NO_3)_2 + 2Ag$$

সেইরূপ সামান্য অ্যাসিডযুক্ত মার্কিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর কপারের ছিবড়া (**copper turnings**) যোগ করিলে কপারের উপর মার্কারীর আস্তরণ পরে এবং লাল কপার সাদা হইয়া যায়। কপারের ছিবড়া তুলিয়া আনিয়া হাত দিয়া ঘষিলে উহা চক্‌চকে সাদা হইয়া যায়। $Cu + HgCl_2 = CuCl_2 + Hg.$ অতএব

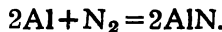
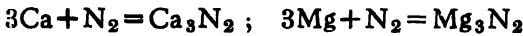
দেখা যাইতেছে যে, শ্রেণীর উপরের দিকে অবস্থিত ধাতু দ্বারা শ্রেণীর নিচের দিকে অবস্থিত ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করা যায়।

তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণী ও ধাতুর রাসায়নিক ধর্ম ঃ—এই শ্রেণীতে ধাতুর অবস্থান অনুসারে তাহার রাসায়নিক ধর্মের তারতম্য হয়; যে ধাতুর স্থান এই তালিকায় যত উচ্চে সেই ধাতু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যোগ দিতে তত বেশী ক্ষমতাশালী। নিম্নে বায়ু, জল এবং অ্যাসিডের বিক্রিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিডের ক্রিয়া, কষ্টিক সোডা ও কষ্টিক পটাসের সহিত বিক্রিয়া এবং ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়া দেখাইয়া বিভিন্ন ধাতুর বিক্রিয়াশীলতা বুঝান হইল।

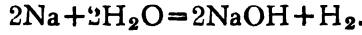
(ক) **বায়ুর ক্রিয়া ঃ**—সাধারণ উষ্ণতায় শুষ্ক বায়ু ধাতুর সহিত কোন প্রকার বিক্রিয়ায় যোগদান করে না। সাধারণ বায়ু (ordinary air, যাহাতে জলীয় বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকে) K, Ca, Na, Zn এবং Pb-এর উপর ক্রিয়া করিয়া প্রথমে তাহাদের অক্সাইড এবং হাইড্রক্সাইড, পরে কার্বনেট ও ক্ষারকীয় কার্বনেট গঠন করে। Ag-এর বেলায় সহরের বায়ুতে যে হাইড্রোজেন সলফাইড থাকে তাহার সহিত বিক্রিয়ার ফলে সিলভার সলফাইড উৎপন্ন হয়।

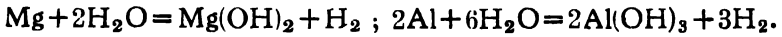
$$4Ag+2H_2S+O_2=2Ag_2S+2H_2O$$

বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর উপরের দিকে অবস্থিত ধাতু (K, Ca, Na, Mg) জ্বলিয়া অক্সাইড গঠন করে, উহার নীচে অবস্থিত ধাতু (Sn, Pb, Cu, Hg) না জ্বলিয়া অক্সাইড গঠন করে। Ag এবং Au-এর কোন বিক্রিয়া হয় না। আবার Ca, Mg, Al এই তিনটি ধাতুকে বায়ুর সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে ইহাদের অক্সাইড ছাড়া নাইট্রাইডও উৎপন্ন হয়।

$$3Ca+N_2=Ca_3N_2\;;\quad 3Mg+N_2=Mg_3N_2$$

$$2Al+N_2=2AlN.$$

(খ) **জলের ক্রিয়া ঃ**—তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত ধাতুগুলির মধ্যে Sn এবং Pb ছাড়া অন্য সকল ধাতুই জলের সহিত বিক্রিয়ায় যোগ দেয় এবং জলের হাইড্রোজেন অপসারিত করে। পটাসিয়াম, ক্যালসিয়াম এবং সোডিয়াম সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত তীব্রভাবে এবং তাপ উৎপাদন সহকারে বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। পটাসিয়ামের সহিত জলের বিক্রিয়ায় এত তাপ উদ্ভূত হয় যে, উৎপন্ন হাইড্রোজেনে আগুন ধরিয়া যায় এবং ফিকে বেগুণী রংএর শিখার সহিত

হাইড্রোজেন জ্বলিতে থাকে। এই ধাতু তিনটির জলের সহিত বিক্রিয়ায় দ্রবণে তীব্র ক্ষার উৎপন্ন হয়।

$$2K+2H_2O=2KOH+H_2 \;;\quad Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$$
$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2.$$

তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর মধ্যস্থলে অবস্থিত ম্যাগনেসিয়াম এবং অ্যালুমিনিয়াম ফুটন্ত জলকে বিশ্লিষ্ট করে।

$$Mg+2H_2O=Mg(OH)_2+H_2 \;;\; 2Al+6H_2O=2Al(OH)_3+3H_2.$$

ম্যাগনেসিয়ামের বেলায় লোহিততপ্ত ম্যাগনেসিয়ামের উপর দিয়া ষ্টীম চালনা করিলে বিক্রিয়াটি সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হয়ঃ $Mg+H_2O=MgO+H_2$। অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়াকে জল দিয়া ফুটাইলে উপরে লিখিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। আবার অ্যালুমিনিয়াম অ্যাম্যালগ্যাম (amalgam, অ্যালুমিনিয়াম এবং মার্কারীর সংকর ধাতু) এবং জিঙ্ক-কপার দ্বিধাতু (Zinc-Copper Couple) জলকে সহজেই বিশ্লিষ্ট করে। ম্যাগনেসিয়ামের মত আয়রণও লোহিত তপ্ত অবস্থায় ষ্টীমকে বিশ্লিষ্ট করে। $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$

টিন, লেড, কপার, মার্কারী, সিলভার এবং গোল্ড জলের উপর কোন অবস্থাতেই বিক্রিয়া করে না।

(গ) **অজারক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া** (HCl এবং পাতলা H_2SO_4) পাতলা HCl অথবা পাতলা H_2SO_4 তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে হাইড্রোজেনের উপরে অবস্থিত লেড ভিন্ন সমস্ত ধাতুর সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। গাঢ় HCl উত্তপ্ত অবস্থায় ধীরে ধীরে লেড এবং কপারের গুঁড়াকে দ্রবীভূত করে এবং হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। মার্কারী, সিলভার এবং গোল্ডের অজারক অ্যাসিডের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না।

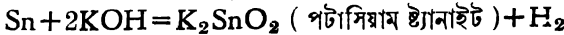
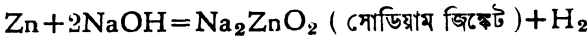
(ঘ) **জারক অ্যাসিডের** (যথা, নাইট্রিক অ্যাসিড এবং উত্তপ্ত ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড) **সহিত বিক্রিয়া**ঃ—উত্তপ্ত এবং গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড সমস্ত ধাতুর সহিতই বিক্রিয়া করিয়া থাকে এবং ধাতব সলফেট, জল এবং সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ধাতুর সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপন্ন না হইয়া উহা জারিত হইয়া জল দেয় এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের বিজারণ হইতে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, অথবা নাইট্রোজেন, অ্যামোনিয়া প্রভৃতি উৎপন্ন হয়। একমাত্র উল্লিখিত ধাতুগুলির

ভিতর ম্যাগনেসিয়াম পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন দেয়। $Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$. গোল্ডের নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত কোন অবস্থাতেই কোন বিক্রিয়া ঘটে না। ধাতুসমূহের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া বিশদভাবে দশম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" ২য় ভাগ ৫২ পৃঃ হইতে ৫৬ পৃষ্ঠায় আলোচিত হইয়াছে।

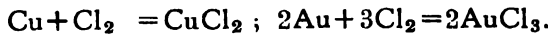
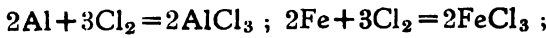
(ঙ) **তীব্র ক্ষারের সহিত বিক্রিয়াঃ**—যে সমস্ত ধাতুর অক্সাইড উভধর্মী (amphoteric), যথা, জিঙ্ক, অ্যালুমিনিয়াম এবং টিন, তাহাদিগকে তীব্র ক্ষারের (যথা, NaOH অথবা KOH) সহিত উত্তপ্ত করিলে উহারা দ্রবীভূত হয় এবং উক্ত ধাতুঘটিত লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$Zn+2NaOH=Na_2ZnO_2$ (সোডিয়াম জিঙ্কেট) $+H_2$

$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2$ (সোডিয়াম অ্যালুমিনেট) $+3H_2$

$Sn+2KOH=K_2SnO_2$ (পটাসিয়াম ষ্ট্যানাইট) $+H_2$

(চ) **ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়াঃ**—ক্লোরিণের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় K, Ca, Na, Mg প্রভৃতি ধাতু জ্বলনের সহিত অথবা উত্তাপ প্রয়োগে সমস্ত ধাতুই বিক্রিয়ায় যোগদান করিয়া থাকে এবং ধাতুগুলির অনার্দ্র (anhydrous) ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$2Al+3Cl_2=2AlCl_3$; $2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$;

$Cu+Cl_2=CuCl_2$; $2Au+3Cl_2=2AuCl_3$.

(iv) **সংকর ধাতু** (Alloys):—বিভিন্ন ধাতু এককভাবে ব্যবহার করা হয় বটে, কিন্তু একাধিক ধাতুর সমসত্ব (homogenous) মিশ্রণের ব্যবহার বহুল পরিমাণে দেখা যায়, কারণ মিশ্রিত ধাতু একক ধাতু অপেক্ষা অনেক সময় বিশিষ্ট গুণসম্পন্ন হয়। দুই বা ততোধিক ধাতু গলিত অবস্থায় মিশ্রিত করিয়া শীতল করিলে সমসত্ব কঠিন পদার্থে পরিণত হয়। এই কঠিন পদার্থ দুইটি বা ততোধিক ধাতুর মিশ্রণ (mixture) অথবা যৌগ হইতে পারে এবং ইহাকেই **সংকর ধাতু** বলা হয়।

সংকর ধাতুর ব্যবহার অনেকদিন হইতেই প্রচলিত আছে। কাঁসা (Bell metal) কপার ও জিঙ্কের সংমিশ্রণে প্রস্তুত হয় এবং এই সংকর ধাতু অনেক প্রাচীনকাল হইতেই নিত্য ব্যবহার্য বাসন প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে, কারণ ইহাতে তামার ক্ষয়িষ্ণুভাব বহুলাংশে কমিয়া যায় এবং তাই খাদ্যদ্রব্য ইহাতে রাখিলে তামার সংস্পর্শে সময় সময় তামা দ্রবীভূত হওয়া জনিত বিষক্রিয়া মোটেই হয় না। ধাতুর কাঠিন্য (hardness) বৃদ্ধি করার জন্য কিম্বা তাপ

ও বিদ্যুৎ পরিবহন ক্ষমতা কমাইবার জন্য, বায়ুর ক্রিয়া অথবা অন্য প্রকারের রাসায়নিক ক্রিয়াশীলতা প্রতিরোধ করিবার জন্য এবং ভাল ছাঁচ (Castings) ঢালাই করার জন্য সংকর-ধাতু প্রস্তুত করা হয়।

ধাতু-সংকর প্রস্তুত প্রণালী :—(i) দুইটি ধাতু নির্দিষ্ট পরিমাণে একত্রে গলাইয়া, অথবা (ii) দুই বা ততোধিক ধাতু পৃথক পৃথক পাত্রে গলাইয়া গলিত ধাতুগুলি পরিমাণমত মিশাইয়া, অথবা (iii) দুইটি ধাতুর দুইটির লবণের মিশ্রিত দ্রবণ হইতে তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা এক সঙ্গে ক্যাথোডে দুইটি ধাতু সঞ্চিত করিয়া সংকর ধাতু প্রস্তুত করা হয়। (iv) সময় সময় দুইটি বিভিন্ন ধাতুর চূর্ণ লইয়া একত্র পিটাইয়া সংকর-ধাতু তৈয়ারী করা হয়।

বর্তমানে নানাবিধ **ইস্পাত সংকর** (Alloy steels) প্রস্তুত করিতে ইস্পাত উৎপাদনের সময় ইস্পাত উৎপাদনের দ্রব্যের সহিত ম্যাঙ্গানিজ, নিকেল, ক্রোমিয়াম, ভ্যানেডিয়াম, টংষ্টেন প্রভৃতি ধাতুর আয়রণ-সংকর (Ferro-alloy) যোগ করা হয়। বিশেষ বিশেষ ইস্পাত সংকর বিশেষ বিশেষ কার্যে ব্যবহৃত হয়। যেমন ক্রোমিয়াম ঘটিত ইস্পাত হইল কলঙ্কহীন ইস্পাত (Stainless steel); ইহাকে জলীয় বাষ্পযুক্ত বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে মরিচা ধরে না। ভ্যানেডিয়াম এবং টংষ্টেনযুক্ত ইস্পাত চূর্ণন প্রস্তুতের যন্ত্রে এবং যেখানে সাধারণ ইস্পাত ক্ষয়প্রাপ্ত হয় সেই সমস্ত যন্ত্র প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

কয়েকটি বিশিষ্ট ধাতুসংকর :—

সংকরের নাম	উপাদান ও তাহাদের অনুপাত	ব্যবহার
পিতল কাঁসা বা ব্রাস্ (Brass)	Cu 60 – 80 ; Zn 20 – 40,	পাত, নল এবং বাসন প্রস্তুতে .
ব্রোঞ্জ (Bronze)	Cu 75 – 90 Sn 10 – 25	মুদ্রা এবং মূর্তি প্রস্তুতে
জার্মান সিলভার (German Silver)	Cu 25 – 50, Zn 25 – 35, Ni 10 – 35	অলঙ্কার, বাসন, প্লেট নির্মাণে
ডুরঅ্যালুমিন (Duralumin)	Al 95 ; Cu 4, Mg 0·5 Mn 0·5)	বিমানের অংশ প্রস্তুতে হাল্কা যন্ত্র নির্মাণে
ম্যাগনালিয়াম (Magnalium)	Al 98, Mg 2	

সংকরের নাম	উপাদান ও তাহাদের অনুপাত	ব্যবহার
সাধারণ ঝাল (Soft Solders)	Pb 7 Sn 3	ফুটা ধাতব পাত্রে ঝাল দেওয়ার জন্য
অক্ষর তৈয়ারীর ধাতু সংকর (Type metal)	Pb 55, Sb 30, Sn 15	ছাপিবার অক্ষর প্রস্তুতে এবং ছাপ নির্মাণে
কলঙ্কহীন ইস্পাত (Stainless steel)	Fe 88, Cr 12	বিভিন্ন যন্ত্রপাতি নির্মাণে ডাক্তারীতে শল্যবিদ্যার প্রয়োগে ব্যবহৃত ছুরী ইত্যাদি প্রস্তুতে
নিকেল ষ্টীল (Nickel Steel)	Fe 95 – 96, Ni 4 – 5	রেলের পাটি নির্মাণে এবং ঢাল তৈয়ারী করিতে
টংষ্টেন ষ্টীল (Tungsten Steel)	Fe 80 W 15 Cr 4 V 1	যন্ত্রের অংশবিশেষ নির্মাণে

দ্রষ্টব্য : ধাতু-সংকর প্রস্তুতে যখন মার্কারী ব্যবহৃত হয়, তখন যে সংকর উৎপন্ন হয় তাহাকে **অ্যামালগাম** বা **পারদ সংকর** (amalgam) বলে। রূপার অ্যামালগাম দাঁতের ভিতর ফাঁক বন্ধ করিতে, টিন অ্যামালগাম আয়না প্রস্তুতে কাচের একদিকে লাগাইতে এবং সোডিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বিজারকরূপে (reducing agent) ব্যবহৃত হয়।

Questions

1. State in a tabular form, as many differences as you can both in physical and in chemical properties of a metal and a non-metal,

১। ধারাবাহিকভাবে সাজাইয়া যতদূর পার ধাতু ও অধাতুর ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে পার্থক্য লিখিয়া দেখাও।

2. (*a*) Classify the naturally-occurring compounds of metals.

(*b*) Explain the following terms as used in metallurgy ;—ore, calcination, roasting, flux, slag.

২। (ক) ধাতুর প্রাকৃতিক যৌগগুলির শ্রেণীবিভাগ দেখাও।

(খ) ধাতুনিষ্কাশনে ব্যবহৃত নিম্নলিখিত কথাগুলির ব্যাখ্যা লিখ:—আকরিক, ভস্মীকরণ, ভর্জন বিগালক এবং ধাতুমল।

3. Describe, without entering into details, various methods for the isolation of metals from their naturally-occurring compounds. Illustrate your answer with one example in each case.

৩। বিশদভাবে আলোচনা না করিয়া সংক্ষেপে, প্রাকৃতিক ধাতব যৌগ হইতে ধাতুনিষ্কাশনের পদ্ধতিগুলি বর্ণনা কর। প্রত্যেক ক্ষেত্রে একটি করিয়া উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

4. What do you know about the *Electro-Chemical Series*? Discuss the action of air and water on metals on the basis of their position in the *Electro-Chemical Series.*

৪। তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী সম্বন্ধে কি জান? ধাতুগুলির তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে অবস্থান হইতে তাহাদের উপর বায়ুর এবং জলের বিক্রিয়া সম্বন্ধে আলোচনা কর।

5. What are alloys? How are they obtained? Name some of the alloys with their composition and state their uses.

What is an *amalgam*?

৫। সংকর-ধাতু কাহাকে বলে? কি উপায়ে তাহাদের প্রস্তুত করা যায়? কয়েকটি সংকর ধাতুর তাহাদের গঠন সহ উল্লেখ কর এবং তাহাদের ব্যবহার সম্পর্কে যাহা জান লিখ।

অ্যামালগ্যাম কাহাকে বলে?

সপ্তত্রিংশ অধ্যায়

কয়েকটি সাধারণ ধাতু ও তাহাদের যৌগ

(ক) সোডিয়াম

সংকেত Na, পারমাণবিক ওজন 23, যোজ্যতা 1।

আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·97, গলনাঙ্ক 97·9°, সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক 883° সেন্টিগ্রেড।

ক্ষার ধাতুদ্বয়, পটাসিয়াম এবং সোডিয়াম, 1807 খৃষ্টাব্দে গলিত কষ্টিক পটাস এবং গলিত কষ্টিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা স্যার হমফ্রি ডেভি (Sir Humphry Davy) নিষ্কাষিত করেন। গেলুসাক এবং থেনার্ড (Thenard) 1808 খৃষ্টাব্দে গলিত কষ্টিক সোডাকে লোহিততপ্ত আয়রনের সহিত বিক্রিয়া করাইয়া সোডিয়াম ধাতু উৎপন্ন করেন এবং এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হওয়ায় তাঁহারা সিদ্ধান্ত করেন যে কষ্টিক সোডা সোডিয়ামের হাইড্রক্সাইড।

অত্যধিক বিক্রিয়াশীল বলিয়া সোডিয়াম কখনও প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় পাওয়া যায় না। ইহার যে সকল যৌগ প্রকৃতিকে পাওয়া যায় তাহাদের মধ্যে নিম্নলিখিত কয়েকটির নাম বিশেষভাবে উল্লেখ করা যায় :—

(i) সোডিয়াম ক্লোরাইড, খাদ্য-লবণ বা নুন NaCl। সমুদ্রের জলে (শতকরা 2·6 ভাগ), লবণ হ্রদে এবং লবণের খনিতে ইহা প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। রাজপুতানায় সম্বর হ্রদে (Lake Sambar) এবং পাঞ্জাবে খনি হইতে সৈন্ধব লবণ পাওয়া যায়।

(ii) সোডিয়াম নাইট্রেট (চিলি সোরা ; Chile salt petre)—$NaNO_3$। ইহা দক্ষিণ আমেরিকার চিলি এবং পেরুর সমুদ্র-উপকূলের বৃষ্টিবিহীন স্থানগুলিতে পাওয়া যায়।

(iii) সোডিয়াম কার্বনেট—Na_2CO_3। মাটি ও বালির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় ইহা পাওয়া যায়। ভারতে সর্জিকাক্ষার বা সাজিমাটি বলিয়া ইহা পরিচিত, মিশরে ইহাকে ট্রোনা (trona) বলে।

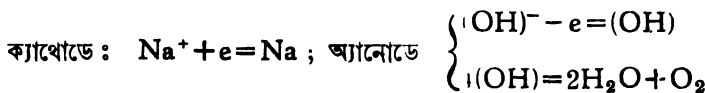
(iv) সোডিয়াম পাইরোবোরেট [বোরাক্স (borax) অথবা সোহাগা]—$Na_2B_4O_7$; $10H_2O$। তিব্বতের শুষ্ক হ্রদে, হিমালয়ের পার্বত্য অঞ্চলে, সিংহলে এবং ক্যালিফোর্নিয়ায় (যুক্তরাষ্ট্রে) ইহা পাওয়া যায়।

(v) অ্যালবাইট (albite) সোডিয়াম ফেল্‌স্পার (felspar) $NaAlSi_3O_8$। ইহা কতকগুলি পাহাড়ে খনিজ পাথররূপে দেখিতে পাওয়া যায়।

সোডিয়াম প্রস্তুতি :—বর্তমানে গলিত কষ্টিক সোডার তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা (**কাষ্টনার পদ্ধতি** :—Castner Process) এবং গলিত সাধারণ লবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ দ্বারা (**ডাউনস্‌-পদ্ধতি**—Downs Process) ধাতব সোডিয়াম উৎপাদন করা হয়। পূর্বে একমাত্র কাষ্টনার পদ্ধতিই সর্বত্র প্রয়োগ করা হইত; বর্তমানে ডাউনস্ পদ্ধতি আমেরিকা ও জার্মানীতে অনুসৃত হইতেছে।

(1) কাষ্টনার পদ্ধতি—এই পদ্ধতিতে ডেভির সোডিয়াম নিষ্কাশন পদ্ধতিরই প্রয়োগ করা হইয়া থাকে, কিন্তু সোডিয়ামের পণ্য উৎপাদন এই পদ্ধতি দ্বারাই হইয়া থাকে বলিয়া বৃহদায়তন পাত্রাদি ইহাতে ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতিতে গলিত কষ্টিক সোডার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সম্পাদন করা হয়। গলিত কষ্টিক সোডা বিদ্যুৎ-পরিবাহী কারণ উহাতে Na^+ আয়ন এবং $(OH)^-$ আয়ন থাকে। গলিত কষ্টিক সোডার ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ক্যাথোডে মুক্ত হয় এবং হাইড্রক্সিল আয়ন [$(OH)^-$] অ্যানোডে মুক্ত হয়। কিন্তু $(OH)^-$ আয়ন দুঃস্থিত বলিয়া উহা মুক্ত হওয়া মাত্র জলে এবং অক্সিজেনে পরিণত হয়। অ্যানোডে উৎপন্ন জল বিদ্যুৎপ্রবাহ দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় এবং ক্যাথোডে হাইড্রোজেন এবং অ্যানোডে অক্সিজেন পাওয়া যায়। ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রোজেনের ভিতর থাকার জন্য জারিত হইয়া যায় না।

$$\underset{\text{(গলিত)}}{NaOH} \rightleftharpoons Na^+ + OH$$

ক্যাথোডে : $Na^+ + e = Na$; অ্যানোডে $\begin{cases} (OH)^- - e = (OH) \\ 4(OH) = 2H_2O + O_2 \end{cases}$

$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ (বিশেষতঃ কষ্টিক সোডার উপস্থিতিতে জল বিদ্যুৎ-পরিবাহী হয়।)

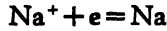
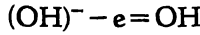
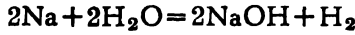
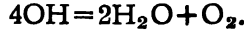
ক্যাথোডে : $\begin{cases} H^+ + e = H \\ H + H = H_2 \end{cases}$ অ্যানোডে $\begin{cases} (OH)^- - e = (OH) \\ 4(OH) = 2H_2O + O_2. \end{cases}$

কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণও বিদ্যুৎপরিবাহী, কারণ সেই দ্রবণেও Na^+ আয়ন এবং $(OH)^-$ আয়ন থাকে। কিন্তু কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ

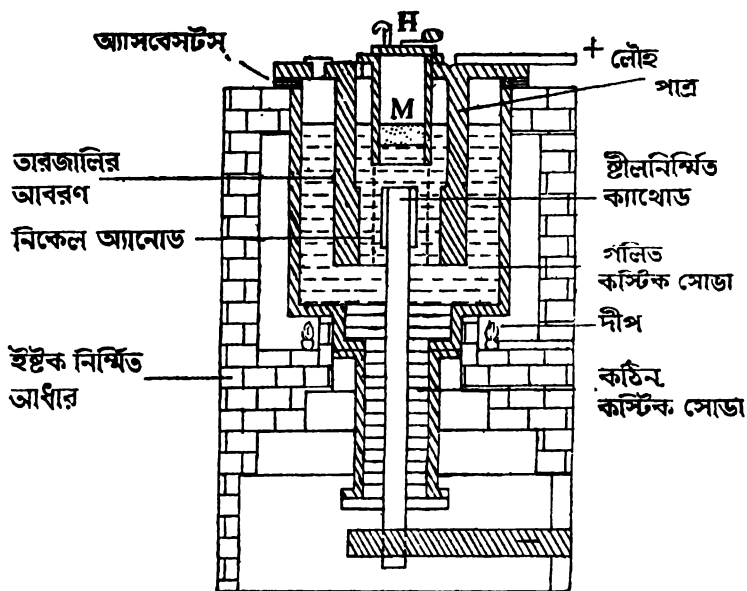
দ্বারা সোডিয়াম ধাতু পাওয়া যায় না। তাহার কারণ ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম জলের সহিত সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া কষ্টিক সোডায় পরিণত হয় এবং তথায় হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হয়। তাই কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন গ্যাস এবং অ্যানোডে অক্সিজেন গ্যাস পাওয়া যায়।

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + (OH)^-$$

(জলীয় দ্রবণ)

ক্যাথোডে
$$Na^+ + e = Na$$
$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

অ্যানোডে
$$(OH)^- - e = OH$$
$$4OH = 2H_2O + O_2.$$

পদ্ধতি ঃ—একটি লৌহের পাত্র ইষ্টকনির্মিত আধারে (brick-work) বসাইয়া লওয়া হয়। এই লৌহের পাত্রে কষ্টিক সোডা রাখিয়া ইহার নীচে লাগান গোলাকার সাজান দীপমালা সাহায্যে গলাইয়া লওয়া হয়। গলিত কষ্টিক সোডার উষ্ণতা 325° হইতে 330° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। কারণ উষ্ণতা ইহা অপেক্ষা বেশী হইলে ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম ধাতুটি কষ্টিক সোডায় দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং সেই দ্রবণ হইতে সোডিয়াম পৃথক করা দুঃসাধ্য হয়। লৌহনির্মিত পাত্রের নীচের অংশটি একটি বড় ফাঁদের নলের আকারে নির্মিত। এই নলের ভিতর দিয়া একটি ষ্টীলনির্মিত ক্যাথোড প্রবেশ করান থাকে এবং ক্যাথোডটি পাত্রের প্রায় মধ্যস্থল পর্যন্ত পেঁাছায়। ষ্টীলনির্মিত ক্যাথোডটির উপরের অংশ অপেক্ষাকৃত প্রশস্ত হয়। লৌহপাত্রের নীচের নলের মত অংশ শীতল অবস্থায় থাকায় কষ্টিক সোডা কঠিন অবস্থায় থাকে এবং তাহার ভিতর ক্যাথোডটি বসান থাকায় উহা স্থিরভাবে দণ্ডায়-মান থাকায় কোন অসুবিধা হয় না। ক্যাথোডের উপরের অংশ বেষ্টন করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণী পাত্রের উপর হইতে ঝুলান একটি নিকেলের চোঙ অ্যানোড-রূপে ব্যবহৃত হয়। এই অ্যানোড পাত্রের অন্যান্য অংশ হইতে অন্তরিত (insulated) অবস্থায় থাকে। ক্যাথোডের অব্যবহিত উপরে একটি নীচের দিকে খোলা গোলাকার লৌহনির্মিত খাঁচা (iron cage) উপরে ঢাকনাযুক্তভাবে বিশিষ্টরূপে অন্তরিত অবস্থায় পাত্রের উপরের অংশ হইতে ঝুলান থাকে। একটি নিকেলের তারজালি লৌহের খাঁচার নীচে হইতে ঝুলাইয়া তাহার সাহায্যে অ্যানোডকে ক্যাথোড হইতে

পৃথক করা হয়। সম্পূর্ণ ক্যাথোডটি এবং অ্যানোডেরও অধিকাংশ গলিত কষ্টিক সোডায় ডোবান থাকে। অতঃপর অ্যানোড ও ক্যাথোডটি যথারীতি ব্যাটারীর ধনাত্মক তড়িৎদ্বার ও ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের সহিত সংযুক্ত করিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। ইহার ফলে গলিত কষ্টিক সোডা বিয়োজিত হইয়া সোডিয়াম ক্যাথোডে মুক্ত হয় এবং গলিত কষ্টিক সোডা অপেক্ষা উহা হালকা বলিয়া উপরে ভাসিয়া উঠে ও লৌহের খাঁচার ভিতর ক্যাথোডে উৎপন্ন হাইড্রোজেনের সহিত জমা

চিত্র নং—24

হয়। হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর থাকে বলিয়া সোডিয়াম ধাতু জারিত হয় না। যখন খাঁচার ভিতর হাইড্রোজেনের পরিমাণ বেশী হয় তখন উহার বেশী অংশ ঢাকনা ঠেলিয়া বাহির হইয়া যায়। অ্যানোডে অক্সিজেন উৎপন্ন হয় এবং অক্সিজেন বাহির হইবার পথ দিয়া ইহা বাহির হইয়া যায়। যথেষ্ট পরিমাণে সোডিয়াম খাঁচায় জমা হইলে, ঝাঁঝরা হাতার সাহায্যে উহাকে তুলিয়া আনিয়া কেরোসিন তৈলের ভিতর রাখা হয়।

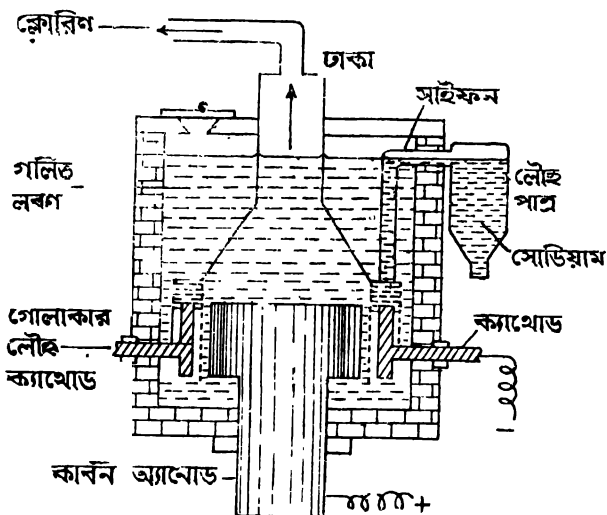
(2) **ডাউনস্ পদ্ধতি :—**এই পদ্ধতিতে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করিয়া সোডিয়াম উৎপন্ন করা হয়। কাষ্টনার পদ্ধতিতে সহজেই সোডিয়াম

পাওয়া যায় এবং বেশী উষ্ণতার প্রয়োজন হয় না; 325° সেন্টিগ্রেড হইতে 330° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কষ্টিক সোডাকে রাখিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ নিষ্পন্ন করা হয়। কষ্টিক সোডার গলনাঙ্ক 318° সেন্টিগ্রেড, কিন্তু সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 815° সেন্টিগ্রেড। সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইডকে গলিত অবস্থায় আনা বেশ কষ্টসাধ্য এবং ব্যয়সাধ্যও বটে। কিন্তু কষ্টিক সোডা প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না, উহার উৎপাদন ব্যয়সাধ্য। অন্যদিকে সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। তাই সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ-দ্বারা সোডিয়াম উৎপাদনের চেষ্টা অনেক দিন হইতেই হইয়া আসিতেছে। কিন্তু (1) সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্কের উষ্ণতায় গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড, তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন সোডিয়াম ও ক্লোরিণ—ইহারা সকলেই পাত্রের ও ক্যাথোডের উপাদানের সহিত বিক্রিয়া করিয়া উহাদের ক্ষয় করিয়া ফেলে। (2) উৎপন্ন সোডিয়ামের অধিকাংশই গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডে কলয়েড অবস্থায় দ্রাবিত হইয়া যায়; তাই এই সোডিয়াম উদ্ধার করা দুঃসাধ্য। (3) সোডিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক 883° সেন্টিগ্রেড। এইজন্য 815° সেন্টিগ্রেডে (সোডিয়াম ক্লোরাইডকে গলিত অবস্থায় রাখিতে এই উষ্ণতায় উহাকে রাখিতে হয়) অনেকটা সোডিয়ামই বাষ্পাকারে উড়িয়া যায়। এই সমস্ত কারণে সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম উৎপাদন-প্রচেষ্টা অনেকদিন পর্যন্ত সার্থক হইতে পারে নাই।

এই শতাব্দীর প্রথমে ডাউনস্ সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে সোডিয়াম উৎপাদন করার একটি বিশেষ প্রণালী উদ্ভাবিত করেন এবং এই পদ্ধতি আমেরিকা ও জার্মাণীতে প্রচলিত হয়।

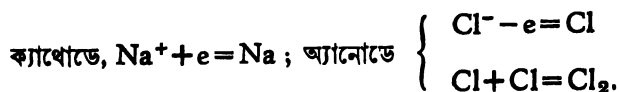
পদ্ধতি :—এই পদ্ধতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত করিয়া সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 815° সেন্টিগ্রেড হইতে 600° সেন্টিগ্রেডে নামাইয়া আনা হয়। এই মিশ্রণটিকে একটি অগ্নিসহ ইষ্টকের আস্তরণ-দেওয়া লৌহপাত্রে লওয়া হয় এবং প্রথমে উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া উহাকে গলাইয়া লওয়া হয়। পরে বিদ্যুৎপ্রবাহের সাহায্যেই উহাকে গলিত অবস্থায় রাখা হয়। লৌহপাত্রের নীচে দিয়া একটি প্রশস্ত কার্বনদণ্ড অ্যানোড হিসাবে ভিতরে প্রবেশ করান থাকে। অ্যানোডকে বেষ্টন করিয়া একটি গোলাকার লৌহপাত ক্যাথোড হিসাবে পাত্রের ভিতর লাগান থাকে। সমগ্র ক্যাথোডের উপর অংশটুকুতে একটি ঢাকনা লাগান থাকে এবং ঢাকনার সহিত একটি সাইফন-

(Syphon) নল জুড়িয়া একটি কেরোসিন-পূর্ণ পাত্রের সহিত সংযুক্ত করা হয়। কার্বন—অ্যানোডের ঠিক উপরে পোর্সিলেন অথবা অগ্নিসহ মৃত্তিকানির্মিত একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনা ছবিতে দেখান-মত লাগান হয়। ইহার ভিতর তড়িৎ-

চিত্র নং—25

বিশ্লেষণে উৎপন্ন ক্লোরিণ সঞ্চিত হয় এবং গম্বুজের উপর লাগান একটি নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। ক্যাথোড ও অ্যানোডের মধ্যে একটি সরু তারজালি রাখিয়া ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়ামকে সহজে অ্যানোডের দিকে আসিতে দেওয়া হয় না। অ্যানোড এবং ক্যাথোডকে যথারীতি একটি ব্যাটারীর ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত কবিয়া গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করা হয়। বিদ্যুৎ-চাপ (**voltage**) উপযুক্ত পরিমাণে প্রয়োগ করিলে এবং সোডিয়াম ক্লোরাইড বেশী পরিমাণে ব্যবহার করার জন্য কেবল সোডিয়াম ক্লোরাইড তড়িৎবিশ্লিষ্ট হয়।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

(গলিত)

ক্যাথোডে, $Na^+ + e = Na$; অ্যানোডে $\left\{ \begin{array}{l} Cl^- - e = Cl \\ Cl + Cl = Cl_2. \end{array} \right.$

গলিত সোডিয়াম ধাতু ক্যাথোডের উপরের ঢাকনার নীচে জমা হয় এবং যথেষ্ট পরিমাণে সোডিয়াম জমা হইলে সংযুক্ত সাইফন-নলের সাহায্যে উহা বাহিরের কেরোসিন-পূর্ণ পাত্রে চলিয়া যায়। অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিণ পোর্সিলেনের ঢাকনার ভিতর দিয়া উঠিয়া নির্গম নলের সাহায্যে বাহির হইয়া যায়।

সোডিয়ামের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :—সোডিয়াম রৌপ্যের মত সাদা ধাতু। ইহার ধাতব ঔজ্জ্বল্য আছে; ইহা অত্যন্ত নরম এবং ইহাকে ছুরিদ্বারাই কাটা যায় ও আঙ্গুলের চাপে যে-কোন গঠনে লওয়া যায়। ইহার তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহিতা যথেষ্ট পরিমাণে আছে। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·97 অর্থাৎ ইহা জলের অপেক্ষা হালকা ও জলের উপরে ভাসে। ইহার গলনাঙ্ক 97°·5 সেণ্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 883° সেণ্টিগ্রেড।

রাসায়নিক ধর্ম :—(i) **বায়ুর ক্রিয়া :—**সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক বায়ুর বা অক্সিজেনের সহিত সোডিয়াম কোন বিক্রিয়ায় যোগদান করে না। আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে সোডিয়ামের উপরের স্তরে মনোক্সাইডের (Na_2O) আস্তরণ পড়ে; সেইজন্যই ছুরিদ্বারা কাটামাত্র সোডিয়াম ধাতুর রূপার মত ঔজ্জ্বল্য দেখা যায়, কিন্তু পরক্ষণেই উজ্জ্বল ভাব আর দেখা যায় না। এই মনোক্সাইড পরে বায়ুর জলীয় বাষ্পের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কষ্টিক সোডায় ($NaOH$) রূপান্তরিত হয়। এই কষ্টিক সোডা বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত হয়। এইজন্যই ধাতব সোডিয়ামকে কেরোসিন তৈলে ডুবাইয়া রাখা হয়। $4Na + O_2 = 2Na_2O$; $Na_2O + H_2O = 2NaOH$; $2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$. ইহাকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে জ্বালাইলে ইহা উজ্জ্বল সোনালি হলুদবর্ণের শিখার সহিত জ্বলিয়া মনোক্সাইড ও পার-অক্সাইড উৎপাদন করে। $4Na + O_2 = 2Na_2O$; $2Na + O_2 = Na_2O_2$.

(ii) **জলের ক্রিয়া :**—ইহা সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যোগদান করে। এই বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে এবং দ্রবণে কষ্টিক সোডা উৎপন্ন হয়। জলের উপর সোডিয়ামের একটি টুকরা ফেলিয়া দিলে উহা জলের উপর ছুটাছুটি করিয়া বেড়ায় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উত্থিত হইতে থাকে। $2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$.

(iii) **হ্যালোজেনের ক্রিয়া :**—সোডিয়াম ধাতু হ্যালোজেনের সংস্পর্শে

আসিলে জ্বলিয়া উঠে এবং ইহা উজ্জ্বল হলুদবর্ণের শিখার সহিত জ্বলিয়া সোডিয়াম হ্যালাইড উৎপন্ন করে। $2Na + Cl_2 = 2NaCl$; $2Na + I_2 = 2NaI$.

সোডিয়াম এবং কঠিন আয়োডিন একত্র সংস্পর্শে আনিলেই এই বিক্রিয়া সংঘটিত হয়।

(iv) জ্বলন্ত সোডিয়াম ধাতুকে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ভিতর নামাইয়া দিলে ইহা কার্বন ডাই-অক্সাইড বিয়োজিত করে। তাহার ফলে কার্বন উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম কার্বনেট গঠিত হয়। $4Na + 3CO_2 = 2Na_2CO_3 + C$.

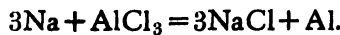
(v) যখন শুষ্ক হাইড্রোজেনের ভিতর ধাতব সোডিয়ামকে 365° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করা হয় তখন ইহা হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম হাইড্রাইড উৎপন্ন করে। $2Na + H_2 = 2NaH$.

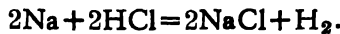
উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রাইড জলের সংস্পর্শে আসিলেই বিয়োজিত হয় এবং তাহার ফলে আবার হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। $NaH + H_2O = NaOH + H_2$.

(vi) $300^{\circ} - 400^{\circ}$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ধাতব সোডিয়ামকে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর দিয়া শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করিলে সোডামাইড (Sodamide) কঠিন অবস্থায় উৎপন্ন হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে। $2Na + 2NH_3 = 2NaNH_2 + H_2$.

সোডামাইড জলের সংস্পর্শে আসিলেই পুনরায় অ্যামোনিয়া গ্যাস দেয় এবং কষ্টিক সোডা গঠন করে। $NaNH_2 + H_2O = NaOH + NH_3$.

(vii) ইহা তীব্র বিজারক। অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত ধাতব সোডিয়াম উত্তপ্ত করিলে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়।

$$3Na + AlCl_3 = 3NaCl + Al.$$

(viii) সোডিয়াম অ্যাসিডের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করে।

$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2.$$

সোডিয়ামের ব্যবহার :—সোডিয়াম পার-অক্সাইড, সোডিয়াম সায়ানাইড, সোডামাইড ইত্যাদির পণ্য-উৎপাদনে ; ম্যাগনেসিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম, বোরন, সিলিকন প্রভৃতি মৌলের নিষ্কাশনে ; বিজারকরূপে (বিশেষতঃ ইহার অ্যামালগাম) ; এবং পরীক্ষাগারে জৈব পদার্থে বিদ্যমান মৌলগুলি নিরূপণ করিতে সোডিয়াম ধাতু ব্যবহৃত হয়। উচ্চ উষ্ণতা পরিমাপক থার্মোমিটারে সোডিয়াম

এবং পটাসিয়ামের সংকর ধাতু ব্যবহৃত হয়; কারণ ইহা মার্কারীর স্ফুটনাঙ্কের উর্ধ্বেও গ্যাসীয় পদার্থে পরিণত না হইয়া তরল অবস্থায় থাকে।

সোডিয়ামের যৌগ :—

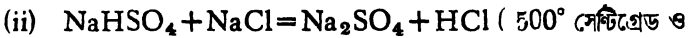
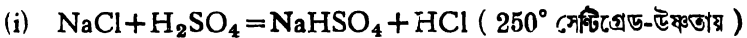
সোডিয়াম সলফেট ($Na_2SO_4, 10H_2O$, **গ্লবারের লবণ**)

প্রস্তুত-প্রণালী :—পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড একটি বীকারে লইয়া তাহাতে সোডিয়াম কার্বনেটের গুঁড়া একটু একটু করিয়া যোগ করা হয়; যতক্ষণ পর্যন্ত বুদ্‌বুদ্‌ সহকারে গ্যাস উত্থিত হয় ততক্ষণ সোডিয়াম কার্বনেটের গুঁড়া যোগ করা হইয়া থাকে। ইহাতে দ্রবণে সোডিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O + CO_2.$$

দ্রবণকে ছাঁকিয়া বাষ্পীভূত করিয়া জল তাড়াইয়া ঘনীভূত করা হয়। ঘনীভূত দ্রবণকে 32° সেন্টিগ্রেডের নীচে ঠাণ্ডা করিলে $Na_2SO_4, 10H_2O$ কেলাসিত হয়।

এই লবণ কেলাস-জলবিহীন অবস্থায় (Na_2SO_4 রূপে) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনের সময় উপজাত দ্রব্য হিসাবে পাওয়া যায়। এই বিষয় 'রসায়নের গোড়ার কথা' দ্বিতীয় ভাগ, পৃষ্ঠা ২২৬-২২৭-এ আলোচিত হইয়াছে। সেইখানে সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণকে দুই ধাপে সংবৃত চুল্লীর দুই স্থানে উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম সলফেট উৎপন্ন করা হয়।

(i) $NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (250° সেন্টিগ্রেড-উষ্ণতায়)

(ii) $NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (500° সেন্টিগ্রেড ও তদূর্ধ্ব উষ্ণতায়)

চুল্লী হইতে কঠিন সোডিয়াম সলফেট বাহির করিয়া আনা হয়। ইহা **সল্টকেক** (soltcake) বা **লবণ-পিষ্টক** নামে অভিহিত হয়। এই লবণ-পিষ্টককে একটি লেডের আস্তরণ-দেওয়া কাঠের বড় ট্যাঙ্কে গরম জলে দ্রবীভূত করিয়া অতিরিক্ত সলফিউরিক অ্যাসিড যাহা ইহার গায়ে লাগিয়া থাকে তাহা অল্প পরিমাণে কলিচূণ [$Ca(OH)_2$) যোগ করিয়া প্রশমিত করা হয়। পরে দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া 32° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে ঠাণ্ডা করিলে কেলাস জলযুক্ত সোডিয়াম সলফেট বা গ্লবারের লবণ ($Na_2SO_4, 10H_2O$) কেলাসিত হয়। 32° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার অপেক্ষা বেশী উষ্ণতায় রাখিয়া দিলে কেলাসিত

সোডিয়াম সলফেটের কেলাস জল উড়িয়া যায় এবং কেলাস-জলমুক্ত সোডিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয়।

সোডিয়াম সলফেটের ব্যবহার :—ঔষধে জোলাপ হিসাবে, কাচশিল্পে এবং লেব্লাঙ্ক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের পণ্য-উৎপাদনে সোডিয়াম সলফেট ব্যবহৃত হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) :—সমুদ্রে যে সমস্ত আগাছা জন্মায়, সেই সকল সংগ্রহ করিয়া পোড়াইলে যে ভস্ম উৎপন্ন হয় তাহাতে সোডিয়াম কার্বনেট থাকে। বর্তমান পণ্য-উৎপাদন প্রণালীগুলি প্রচলিত হইবার পূর্বে সোডিয়াম কার্বনেট এইভাবেই তৈয়ারী করা হইত। বর্তমানে সোডিয়াম কার্বনেট তিনটি বিভিন্ন পদ্ধতিপ্রয়োগে উৎপাদন করা হয়। যথা—

(i) লেব্লাঙ্ক পদ্ধতি (Leblanc Process) ;

(ii) সল্‌ভে বা অ্যামোনিয়া সোডাপদ্ধতি (Solvay or Ammonia Soda Process) ;

(iii) তড়িৎ-বিশ্লেষণী পদ্ধতি (Electrolytic Process)

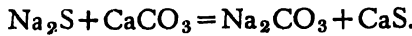
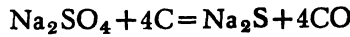
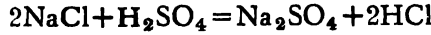
এই তিনটি পদ্ধতির ভিতর লেব্লাঙ্ক পদ্ধতির প্রচলন ক্রমশঃ কমিয়া আসিতেছে। একমাত্র উহার প্রয়োগে উৎপন্ন উপজাতগুলির চাহিদা আছে বলিয়া কোন কোন স্থলে এই পদ্ধতি অনুসারে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদন করা হয়। সল্‌ভে পদ্ধতিই বর্তমানে বিশেষভাবে প্রচলিত আছে। আর যেখানে সুলভে বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপাদন করা যায় সেইখানে তড়িৎ-বিশ্লেষণী পদ্ধতি প্রয়োগে হারগ্রিভস্‌-বার্ডপ্রণালী (Hargreaves-Bird Process) অনুসারে সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করা হয়।

এই সকল পদ্ধতিতেই সোডিয়াম ক্লোরাইড ব্যবহার করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদন করা হয়।

লেব্লাঙ্ক পদ্ধতি (Leblanc Process) :—এই পদ্ধতির উদ্ভাবক নিকোলাস লেব্লাঙ্ক খাদ্য লবণ হইতে সোডা প্রস্তুতের উপায় আবিষ্কারককে ফরাসী সম্রাট নেপোলিয়ান কর্তৃক একলক্ষ ফ্রাঙ্ক (Franc) পুরস্কার প্রদত্ত হইবে এই ঘোষণায় উদ্বুদ্ধ হইয়া 17৮7 খ্রীষ্টাব্দে এই পদ্ধতি উদ্ভাবন করেন। কিন্তু এই ঘোষিত পুরস্কার তিনি পান নাই এবং এই আবিষ্কর্তা ভগ্নহৃদয়ে আত্মহত্যা করেন।

এই পদ্ধতিতে প্রথমতঃ খাদ্যলবণকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত সংবৃত চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া সোডিয়াম সলফেটে পরিণত করা হয়। সেই সোডিয়াম সলফেটের সহিত কোক এবং চুনাপাথর ($CaCO_3$) মিশ্রিত করিয়া একটি ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে প্রায় 1000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে প্রথমে সোডিয়াম সলফেট কোক্‌দ্বারা বিজারিত হইয়া সোডিয়াম সলফাইডে পরিণত হয় এবং পরে সোডিয়াম সলফাইড ও চুনাপাথর বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে। $2NaCl+H_2SO_4=Na_2SO_4+2HCl$

$$Na_2SO_4+4C=Na_2S+4CO$$

$$Na_2S+CaCO_3=Na_2CO_3+CaS.$$

বিক্রিয়া শেষে চুল্লী হইতে গলিত অবস্থায় সমস্ত পদার্থ বাহির করিয়া আনা হয়। এই পদার্থে সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত ক্যালসিয়াম সলফাইড, ক্যালসিয়াম অক্সাইড, অপরিবর্তিত ক্যালসিয়াম কার্বনেট, কোক প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। সেইজন্য উক্ত মিশ্রিত পদার্থের বর্ণ কালো হয় এবং সেই কারণে উহাকে সাধারণতঃ **কৃষ্ণভস্ম** (Black ash) বলা হয়। এই কৃষ্ণভস্মে শতকরা 43 হইতে 45 ভাগ সোডিয়াম কার্বনেট থাকে। এই কৃষ্ণভস্ম চূর্ণ করিয়া পর পর সাজান ট্যাঙ্কে জলের ভিতর যোগ করা হয়। সোডিয়াম কার্বনেট জলে দ্রবীভূত হয় এবং অশুদ্ধিগুলি ট্যাঙ্কের জলের নীচে জমা হয়। উপর হইতে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ তুলিয়া উত্তাপ প্রয়োগে ঘন করিয়া শীতল করিলে $Na_2CO_3, 10H_2O$র কেলাস উৎপন্ন হয়। এই কেলাসগুলি সংগ্রহ করিয়া অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে সোডাভস্ম (Soda ash, Na_2CO_3) পাওয়া যায়। ট্যাঙ্কের জলের নীচে ক্যালসিয়াম সলফাইড (অদ্রাব্য অশুদ্ধি) পড়িয়া থাকে। উহা হইতে সলফার উদ্ধার করা হয় চান্স-ক্লস পদ্ধতি (Chance-Claus Process, 'রসায়নের গোড়ার কথা', দ্বিতীয় ভাগ পৃষ্ঠা ২৯৮) প্রয়োগ করিয়া।

সল্‌ভে বা অ্যামোনিয়া সোডা পদ্ধতি (Solvay or Ammonia Soda Process) :—এই প্রণালীতে খাদ্যলবণের গাঢ় দ্রবণ ব্যবহার করা হয়। সাধারণতঃ লবণের খনির ভিতর পাম্পের সাহায্যে জল চালাইয়া দেওয়া হয়। পরে খাদ্য-লবণের গাঢ় দ্রবণ উৎপন্ন হইলে উহা অন্য একটি পাম্পের সাহায্যে বাহির করিয়া আনা হয়। পরে এই গাঢ় লবণের দ্রবণকে (Brine) প্রথমে অ্যামোনিয়া গ্যাস-দ্বারা সংপৃক্ত করিয়া পরে অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণের দ্রবণের ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস পরিচালিত করা হয়। ইহার ফলে প্রথমে অ্যামোনিয়াম

কার্বনেট উৎপন্ন হইয়া সোডিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিপরিবর্ত. বিক্রিয়ায় সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন করে। উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেট জলের উপস্থিতিতে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিণত হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড অপেক্ষা জলে কম দ্রাব্য, তাই উহা এই বিক্রিয়ায় কঠিন অবস্থায় পাওয়া যায়। উক্ত কঠিন সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে সংগ্রহ করিয়া অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম কার্বনেট পাওয়া যায়। $2NH_3+H_2O+CO_2=(NH_4)_2CO_3$; $(NH_4)_2CO_3+2NaCl=Na_2CO_3+2NH_4Cl$; $Na_2CO_3+H_2O+CO_2=2NaHCO_3$; $2NaHCO_3=Na_2CO_3+H_2O+CO_2$.

সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিয়া যে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় তাহা পুনরায় ব্যবহার করা যায়। অবশ্য প্রথমে চুনাপাথর উত্তপ্ত করিয়াই প্রয়োজনীয় কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপাদন করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে যে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহার সহিত পাথুরে চুন (CaO) মিশাইয়া ষ্টীমের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া ফিরিয়া পাওয়া যায় এবং এই অ্যামোনিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এই পদ্ধতির সাফল্য এইভাবে সম্পূর্ণরূপে অ্যামোনিয়া ফিরিয়া পাওয়ার উপর নির্ভর করে।

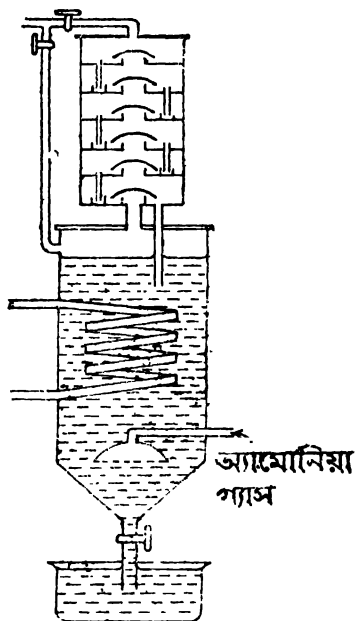
$$2NH_4Cl+CaO=CaCl_2+2NH_3+H_2O.$$

কিন্তু ইহাতে প্রায় শতকরা 2 ভাগ অ্যামোনিয়া উড়িয়া যায় এবং তাহার জন্য নূতনভাবে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া কিছুটা ব্যবহার করিতে হয়।

সমস্ত প্রণালীটি কয়েকটি ভাগে বিভক্ত করিয়া দেখান যাইতে পারে।

(ক) **সাধারণ লবণের গাঢ় দ্রবণের অ্যামোনিয়া সম্পৃক্তি :**—একটি ছিদ্রযুক্ত তাক এবং নলযুক্ত লৌহস্তম্ভের উপর হইতে লবণের দ্রবণ স্তম্ভের ভিতর ধীরে ধীরে পড়িতে দেওয়া হয় এবং একটি নলের সাহায্যে স্তম্ভের নীচের দিকে অবস্থিত ট্যাঙ্কে সংগৃহীত লবণের দ্রবণে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রবেশ করান হয়। অ্যামোনিয়া গ্যাস উপরের দিকে বুদ্বুদের আকারে উঠিবার কালে লবণের দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। এইরূপে লবণের দ্রবণ অ্যামোনিয়া-দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া থাকে। যদি কিছু পরিমাণ অ্যামোনিয়া গ্যাস দ্রবীভূত না হইয়া দ্রবণের উপরে বাহির হইয়া আসে তবে তাহাকে ট্যাঙ্কের উপরের স্তম্ভে ছিদ্রযুক্ত তাকের ভিতর দিয়া উপরে উঠিতে দেওয়া হয়। সেই সঙ্গে উপর হইতে লবণের দ্রবণ তাকের

উপর দিয়া ধীরে ধীরে প্রবাহিত হয়। ফলে সমস্ত অ্যামোনিয়াই লবণের দ্রবণদ্বারা শোষিত হয়। লবণদ্রবণে অ্যামোনিয়া শোষিত হইবার সময় তাপ উদ্ভূত হয়, সেইজন্য লবণের দ্রবণের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়। কিন্তু উষ্ণতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইলে দ্রাবিত অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কমিয়া যায়। সেইজন্য ট্যাঙ্কের ভিতর কুণ্ডলাকৃতি নল লাগাইয়া উহার ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিয়া লবণের দ্রবণের উষ্ণতা 30° হইতে 40° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। উপরের স্তম্ভের বাহির দিয়াও নল লাগাইয়া (ছবিতে দেখান হয় নাই) তাহার ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করা হয়। এই নলগুলিকে কগস্‌ওয়েল শীতক (Cogswell cooler) বলে। এখন যে অ্যামোনিয়া গ্যাস লবণের দ্রবণের ভিতর প্রবাহিত করা হয় তাহার সহিত সর্বদাই সামান্য কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস মিশিয়া থাকে। তাহার ফলে খাদ্য লবণে যে ক্যালসিয়াম ও

চিত্র নং—26

ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রিত থাকে তাহা ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। ট্যাঙ্কের নীচে লাগান ষ্টপকক্‌ খুলিয়া অ্যামোনিয়া সংপৃক্ত লবণের দ্রবণকে একটি প্রকাণ্ড চৌবাচ্চায় লওয়া হয়। সেইখানে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেট প্রভৃতি অদ্রাব্য বস্তু থিতাইয়া যায়।

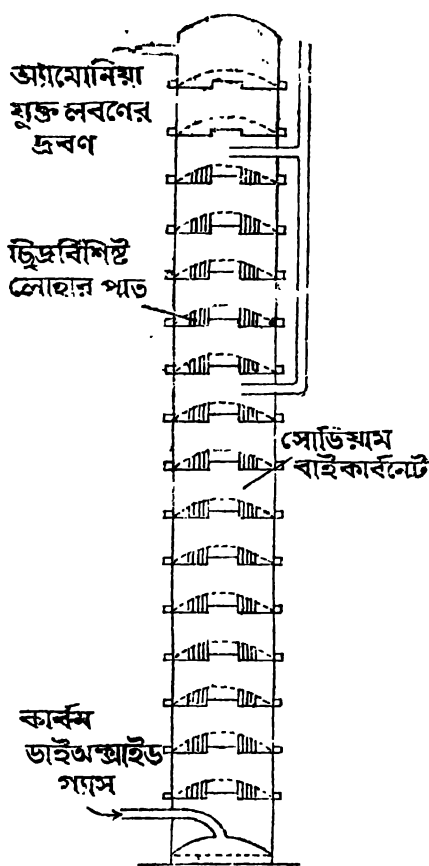
(খ) **অ্যামোনিয়া-সংপৃক্ত লবণের দ্রবণের সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়া-সংঘটন:**—পাম্পের সাহায্যে চৌবাচ্চা হইতে থিতান অ্যামোনিয়া সংপৃক্ত লবণের দ্রবণ একটি সু-উচ্চ স্তম্ভের উপরে লইয়া যাওয়া হয় এবং ধীরে ধীরে স্তম্ভের ভিতর নীচের দিকে প্রবাহিত করা হয়। এই স্তম্ভ ঢালাই-লৌহ-দ্বারা তৈয়ারী ও ইহাকে সলভে-স্তম্ভ বলে এবং ইহার ভিতরে আড়াআড়ি ভাবে লোহার প্লেট লাগান থাকে। প্লেটের মধ্যস্থলে একটি ছিদ্রযুক্ত রিং থাকে। সেই ছিদ্রের উপরে ব্যাঙের ছাতার মত (mushroom like) গোলাকার সছিদ্র

ছোট ঢাকনি লাগান থাকে। ঢাকনাটি এমনভাবে অবস্থিত যে প্লেটের ছিদ্র দিয়া তরল পদার্থ বা গ্যাসীয় পদার্থ চলাচল করিতে পারে। উপর হইতে অ্যামোনিয়া সংপৃক্ত লবণের দ্রবণ পর পর এই ঢাকনাগুলির উপর পড়ে এবং ছিদ্র দিয়া পর পর অন্যান্য প্রকোষ্ঠগুলিতে আসিতে থাকে। এইভাবে অ্যামোনিয়া-সংপৃক্ত লবণের দ্রবণ নীচের দিকে পড়িতে থাকে। স্তম্ভের নীচের দিক হইতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপরের দিকে চালনা করা হয়। এই বিপরীতমুখী অ্যামোনিয়াযুক্ত লবণের দ্রবণের এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের প্রবাহের ফলে সুষ্ঠুভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপন্ন হয় এবং উহার দ্রাব্যতা অপেক্ষাকৃত কম এবং লবণের দ্রবণে আরও কম হওয়ায় উহা ছোট ছোট স্ফটিকের আকারে কেলাসিত হইয়া লবণের দ্রবণে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে। কার্বন ডাই-অক্সাইড চুনের ভাঁটিতে চুনাপাথর পোড়াইয়া উৎপাদন করা হয়।

চিত্র নং—27

$$CaCO_3 = CaO + CO_2.$$

এইভাবে উৎপন্ন পাথুরে চুন এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিতে ব্যবহৃত হয়। স্তম্ভের ভিতরের উষ্ণতা সাধারণতঃ 35°—50° সেন্টিগ্রেডের ভিতর রাখা হয়। এইভাবে ব্যবহৃত খাদ্য লবণের $\frac{2}{3}$ অংশ সোডিয়াম বাই-কার্বনেটে পরিবর্তিত হয়। বাকী লবণের দ্রবণ সোডিয়াম বাই-

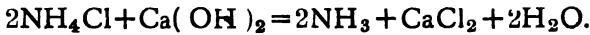
কার্বনেটের কেলাসসহ স্তম্ভের নীচের একটি নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া আসে। পরে কাপড়ের ব্যাগের ভিতর দিয়া অনুপ্রেষ-পরিস্রুতি প্রয়োগে ছাঁকিয়া সোডিয়াম বাই-কার্বনেটকে পৃথক করা হয়।

$$NaCl+H_2O+CO_2+NH_3=NaHCO_3+NH_4Cl.$$

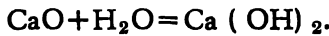
সমস্ত সোডিয়াম বাই-কার্বনেট সংগৃহীত হইলে উহাকে একটি ঘূর্ণায়মান চুল্লীতে 180 সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। তাহাতে সোডিয়াম কার্বনেট গঠিত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই কার্বন ডাই-অক্সাইড সল্‌ভে-স্তম্ভে

$$2NaHCO_3=Na_2CO_3+H_2O+CO_2.$$

ব্যবহার করা হয়। ঘূর্ণায়মান চুল্লী হইতে শুষ্ক বিচূর্ণ কঠিন পদার্থরূপে অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেট বাহির করিয়া আনা হয়।

সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পৃথক করার পর যে দ্রবণ থাকে তাহাতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড মিশিয়া থাকে। উহাতে একটু অ্যামোনিয়াম বাই-কার্বনেটও থাকে। এই দ্রবণের সহিত কলিচুন মিশাইয়া ষ্টীমের সাহায্যে মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির হইয়া আসে। উক্ত অ্যামোনিয়া গ্যাস পুনরায় লবণের গাঢ় দ্রবণকে অ্যামোনিয়া-সংপৃক্ত করিতে ব্যবহৃত হয়। $NH_4HCO_3=NH_3+CO_2+H_2O$ (ষ্টীমার উত্তাপে)

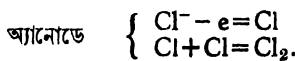
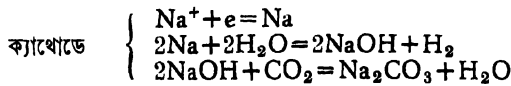
$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=2NH_3+CaCl_2+2H_2O.$$

দ্রষ্টব্য :—সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণে চুনাপাথর যোগ করিলে উহা কলিচুনে পরিবর্তিত হইয়া পরে বিক্রিয়া করে।

$$CaO+H_2O=Ca(OH)_2.$$

(গ) **তড়িৎ-বিশ্লেষণী পদ্ধতি** (**Electrolytic Process :—Hargreaves-Bird Process**) :—এই পদ্ধতিতে একটি মধ্যাবরক সেলে (Diaphragm cell) লবণের দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষিত করিয়া কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করিয়াই সঙ্গে সঙ্গে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সাহায্যে উহাকে সোডিয়াম কার্বনেটে পরিণত করা হয়। একটি ঢালাই লৌহের তৈয়ারী সেলের ভিতর দিক সিমেণ্ট-দ্বারা লিপ্ত করা থাকে। অ্যাস্‌বেস্টস্ খণ্ডের উপর সিমেণ্ট লেপন করিয়া সেইরূপ দুই খণ্ড লইয়া সেলের ভিতর দুই দিকে আবরক প্রাচীর (Diaphragm wall) তৈয়ারী করিয়া সেলটিকে তিনটি প্রকোষ্ঠে ভাগ করা হয়। এই মধ্যাবরক প্রাচীর দুইটির বাহিরের দিকে দুইটি কপারের তারজালি লাগান হয়। সেলের মধ্য-

প্রকোষ্ঠটিতে লবণের দ্রবণ রাখা হয় এবং উক্ত দ্রবণের ভিতর একটি গ্যাসকার্বনের তড়িৎদ্বার নিমজ্জিত করিয়া উহাকে ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করিয়া সেলের অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয়। তামার তারজালি দুইটি একই ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত যোগ করিয়া সেলে ক্যাথোড-রূপে ব্যবহৃত হয়। সমস্ত সেলটির উপরে ঢাকনা দেওয়া থাকে এবং প্রত্যেক প্রকোষ্ঠের উপরের দিকে গ্যাস নির্গম নল লাগান থাকে। তারজালির বাহিরের প্রকোষ্ঠে পাশ দিয়া দুইটি নল লাগাইয়া একটি দ্বারা ষ্টীম এবং অন্যটির দ্বারা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হয়। উক্ত দুই প্রকোষ্ঠের একেবারে নীচে দিয়া দুইটি নল লাগান থাকে এবং তাহা দ্বারা উৎপন্ন সোডিয়াম কার্বনেটের ঘন দ্রবণ বাহির করিয়া আনা হয়।

ব্যাটারী সংযোগ সংস্থাপিত হইলে সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লেষিত হইয়া অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয় এবং সোডিয়াম আয়ন সিক্ত সিমেণ্টযুক্ত অ্যাস্‌বেস্‌টসের মধ্যাবরকের ভিতর দিয়া আসিয়া কপারের তারজালির উপর সোডিয়াম ধাতু হিসাবে মুক্ত হয়। বাহিরের প্রকোষ্ঠের দুইটি নলের সাহায্যে ষ্টীম এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হয়। সোডিয়াম ষ্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে। পরে উৎপন্ন কষ্টিক সোডার সহিত কার্বন ডাই-অক্সাইডের বিক্রিয়া ঘটিয়া সোডিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন গ্যাস বাহিরের প্রকোষ্ঠের উপরের নল দিয়া বাহির হইয়া যায় এবং বাহিরের প্রকোষ্ঠের নীচে সোডিয়াম কার্বনেটের গাঢ় দ্রবণ জমা হয়। এই গাঢ় সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ বহিঃপ্রকোষ্ঠের একেবারে নীচে অবস্থিত নির্গমপথ দিয়া বাহির করিয়া আনিয়া কেলাসিত করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের স্ফটিক উৎপন্ন করা হয়। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ (দ্রবণে)

ক্যাথোডে
$$\begin{cases} Na^+ + e = Na \\ 2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2 \\ 2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O \end{cases}$$

অ্যানোডে
$$\begin{cases} Cl^- - e = Cl \\ Cl + Cl = Cl_2. \end{cases}$$

সোডিয়াম কার্বনেটের ব্যবহার :—ধৌত সোডার কথা 'রসায়নের গোড়ার কথা' দ্বিতীয় ভাগ, পৃঃ ১৩৮-এ বলা হইয়াছে। সেখানে সোডিয়াম কার্বনেটের তিন প্রকার অবস্থার কথা ও তাহাদের নাম উল্লেখ করা হইয়াছে। সোডিয়াম কার্বনেট নানা কার্যে দৈনন্দিন জীবনযাত্রায় ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কাপড় পরিষ্কার

করিতে ইহার ব্যবহার সর্বজন-বিদিত। বিভিন্ন শিল্পে প্রচুর সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়, যেমন, কাচশিল্পে, সাবানপ্রস্তুতে, কষ্টিক সোডার পণ্য-উৎপাদনে এবং কাগজশিল্পে যথেষ্ট পরিমাণ সোডিয়াম কার্বনেট ব্যবহৃত হয়। জলের মৃদুকরণে, সোডিয়ামের অন্য লবণ উৎপাদনে এবং পরীক্ষাগারে প্রয়োজনীয় বিকারক (reagent) হিসাবে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

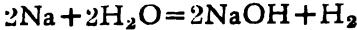
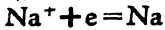
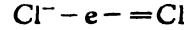
দ্রষ্টব্য ঃ—সলুভে পদ্ধতিতে প্রথমে সোডিয়াম বাই-কার্বনেট পাওয়া যায়। ইহার বিষয় 'রসায়নের গোড়ার কথা', দ্বিতীয় ভাগ, পৃঃ ১৩৯-এ বলা হইয়াছে।

কষ্টিক সোডা বা সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড (NaOH) :—এই অতি-প্রয়োজনীয় পদার্থটি বর্তমানে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ-দ্বারা উৎপন্ন করা হয়। সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত করিলে অ্যানোডে ক্লোরিণ এবং ক্যাথোডে সোডিয়াম উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন হওয়ার সঙ্গে সঙ্গেই ধাতব সোডিয়ামের সহিত জলের বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং ফলে কষ্টিক সোডা এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। $NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ (দ্রবণে)

অ্যানোডে

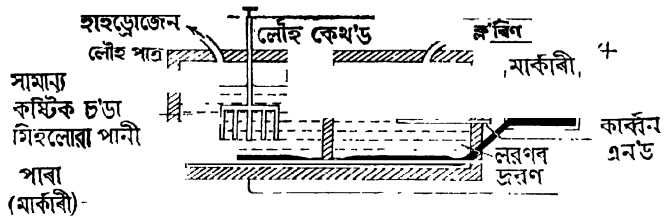
$$Na^+ + e = Na$$
$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2$$

অ্যানোডে

$$Cl^- - e^- = Cl$$
$$Cl + Cl = Cl_2$$

কিন্তু অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিণ এবং ক্যাথোডে উৎপন্ন কষ্টিক সোডা যদি একই স্থানে থাকে তাহা হইলে উহাদের ভিতর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া হাইপোক্লোরাইট, ক্লোরেট প্রভৃতি লবণ উৎপন্ন হয়। (রসায়নের গোড়ার কথা, দ্বিতীয় ভাগ পৃঃ ২৫২ দেখ)। ইহার ফলে কষ্টিক সোডার অপচয় হয় এবং বিশুদ্ধ ক্ষার পাওয়া যায় না। তাই উৎপন্ন ক্লোরিণ যাহাতে কষ্টিক সোডার সহিত সংস্পর্শে আসিতে না পারে তাহার জন্য বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়। এইজন্য সাধারণতঃ দুই প্রকারের সেল (cell) ব্যবহৃত হইয়া থাকে : (ক) মার্কারীঘটিত সেল এবং (খ) মধ্যাবরক সেল।

(ক) **মার্কারীঘটিত সেল : কাষ্টনার-কেলনারের সংশোধিত সেল (Mercury-Cathode Cell : Castner-Kellner's Modified Cell) :** মার্কারী সেল নানা প্রকারের হয়। এইখানে কাষ্টনার-কেলনারের সংশোধিত সেল বর্ণিত হইল; এই প্রকারের সেলই বর্তমানে সর্বাপেক্ষা বেশী ব্যবহৃত হয় কারণ

ইহা হইতে অতি বিশুদ্ধ কষ্টিক সোডা পাওয়া যায়। এই সেলটি একটি চতুষ্কোণ ট্যাঙ্কের আকারে নির্মিত এবং চৌবাচ্চা হইতে একটু উচ্চে স্থাপিত। এই ট্যাঙ্কের তল-দেশে মার্কারী-প্রবাহ চালিত করা হয়। এই মার্কারী-প্রবাহের ভিতর সামান্য ডোবান একটি কাঠের দেওয়াল-দ্বারা ট্যাঙ্কটিকে দুইটি প্রকোষ্ঠে (I এবং II) ভাগ করা হয়। I প্রকোষ্ঠে লবণের দ্রবণ লওয়া হয় এবং উহার ভিতর একটি গ্যাস কার্বনের দণ্ড ডুবাইয়া রাখিয়া, তাহাকে অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয়। II প্রকোষ্ঠকে বিয়োজক প্রকোষ্ঠ বলে এবং ইহাতে সামান্য কষ্টিক সোডাযুক্ত জল লওয়া হয়; জলের ভিতর একগোছা আয়রণের দণ্ড ছবিতে দেখান মত ঝুলাইয়া দেওয়া হয় এবং উহাদের ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। প্রকোষ্ঠের নীচের মার্কারী

চিত্র নং—28

আয়রণ ক্যাথোডের সহিত সংযুক্ত করা হয়। ব্যাটারীর সহিত যথাযথভাবে কার্বন অ্যানোড এবং আয়রণ ক্যাথোড যুক্ত করিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে প্রকোষ্ঠে মার্কারীর উপর সোডিয়াম মুক্ত হয় এবং সোডিয়াম অ্যামালগামরূপে উহা মার্কারী-প্রবাহের সহিত II প্রকোষ্ঠে আসে। সেখানে সোডিয়াম জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কষ্টিক সোডায় পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। এই হাইড্রোজেন গ্যাস II প্রকোষ্ঠের উপরে অবস্থিত নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া যায়। I প্রকোষ্ঠে কার্বন অ্যানোডে ক্লোরিণ গ্যাস উত্থিত হয় এবং উহা উক্ত প্রকোষ্ঠের উপরে অবস্থিত নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া যায়। II প্রকোষ্ঠে কষ্টিক সোডার দ্রবণের গাঢ়তা শতকরা 20 ভাগের উপর উঠিতে দেওয়া হয় না। কিছু সময় পরপর II প্রকোষ্ঠ হইতে কষ্টিক সোডার দ্রবণ বাহির করিয়া লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে কঠিন কষ্টিক সোডায় পরিবর্তিত করা হয়। এই কঠিন কষ্টিক সোডা গলাইয়া দণ্ডের আকারে

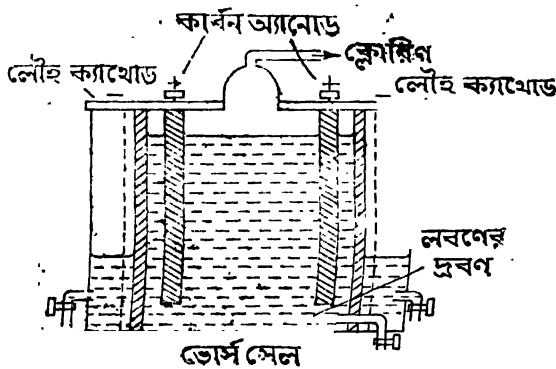
(sticks) অথবা ছোট ছোট খণ্ডের আকারে (pellets) অথবা বলের (ball) আকারে পরিবর্তিত করিয়া বাজারে পাঠান হয়।

দ্রষ্টব্য :—I প্রকোষ্ঠে যদিও ধাতব সোডিয়াম মুক্ত হয় তাহা জলের সহিত সেখানে বিক্রিয়া করিতে পারে না, কারণ মার্কারীর উপর হইতে হাইড্রোজেন বাহির হওয়া খুবই শক্ত (Hydrogen overvoltage of Hg is very high)। কিন্তু II প্রকোষ্ঠে আয়রণের উপর হইতে সহজেই হাইড্রোজেন নির্গত হইতে পারে।

(খ) **মধ্যাবরক সেল** (Diaphragm cell) :—নানা প্রকারের মধ্যাবরক সেল কষ্টিক সোডার পণ্য-উৎপাদনে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তাহার মধ্যে (i) নেলসন সেল (Nelson cell) এবং (ii) ভোর্স সেল (Vorce cell) উল্লেখযোগ্য।

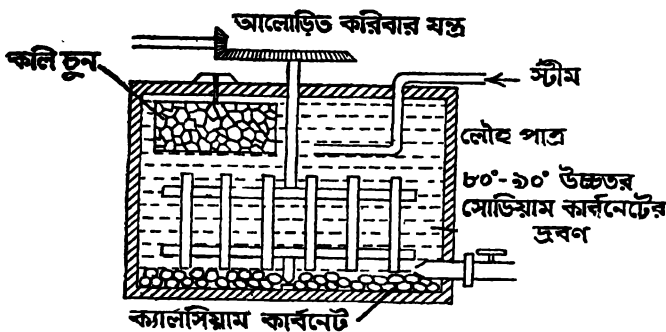
(i) **নেলসন সেল** (Nelson cell)—এই সেলটি "রসায়নের গোড়ার কথা", দ্বিতীয় ভাগ, পৃ. ২৪৭-২৪৮ সম্পূর্ণরূপে বর্ণিত হইয়াছে।

(ii) **ভোর্স সেল** (Vorce cell) :—এই সেলের গঠন ছবিতে প্রদর্শিত হইল। অ্যাসবেসটোস-সিমেন্ট-দ্বারা দেওয়াল নির্মাণ করিয়া সেলটিকে তিনটি প্রকোষ্ঠে ভাগ করা হইয়া থাকে। ভিতরের প্রকোষ্ঠে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ লওয়া হয় এবং তাহাতে দুইটি গ্র্যাফাইট-নির্মিত তড়িৎদ্বার ডুবাইয়া দিয়া

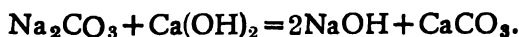
চিত্র নং—29

উহাদের অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয়। দুইটি ছিদ্রযুক্ত লোহার পাত বাহিরের প্রকোষ্ঠ দুইটিতে সংযুক্ত করিয়া উহাদের ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয়। বহিঃপ্রকোষ্ঠ দুইটিতে পরিমাণমত জল নলের ভিতর দিয়া চালনা

করা হয় এবং অন্য একটি টুপককৃযুক্ত নলের সাহায্যে উৎপন্ন কষ্টিক সোডার দ্রবণ বাহির করিয়া আনা হয়। ব্যাটারী সংযোগ স্থাপন করিলে অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন হইয়া মধ্যের প্রকোষ্ঠের উপরে অবস্থিত নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া যায়। সোডিয়াম ধাতু আয়রণ ক্যাথোডে মুক্ত হয় এবং ছিদ্র দিয়া বাহিরে আসিয়া জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কষ্টিক সোডা উৎপন্ন করে এবং সেই সঙ্গে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া যায় (ছবিতে দেখান হয় নাই)। কষ্টিক সোডার দ্রবণ বহিঃপ্রকোষ্ঠ হইতে বাহির করিয়া আনা হয় এবং তখন দ্রবণে কষ্টিক সোডার পরিমাণ শতকরা 10 হইতে 12 ভাগ থাকে। এই দ্রবণকে নিম্নচাপে (under reduced pressure) উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া গাঢ় করিলে প্রথমে খাদ্যলবণ কেলাসিত হয়। দ্রবণটি খাদ্য-লবণ হইতে পৃথক করিয়া লোহার কড়াইএ লইয়া উত্তাপ-প্রয়োগে জল অপসারিত করিলে গলিত অবস্থায় কষ্টিক সোডা কড়াইএ পড়িয়া থাকে। এই গলিত কষ্টিক সোডা হইতে ছোট ছোট দানার কষ্টিক সোডা (pellets) উৎপন্ন করা হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট হইতেও সময় সময় **ক্ষারীকরণ-পদ্ধতি** (Caustification Process) প্রয়োগ করিয়া সামান্য পরিমাণ সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কষ্টিক

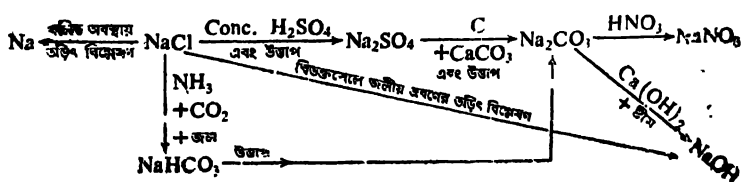
চিত্র নং—30

সোডা উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিকে **গসেজ পদ্ধতি** (Gossage's Process) বলে। এই পদ্ধতিতে একটি লৌহনির্মিত ট্যাঙ্কে সোডিয়াম-

কার্বনেটের পাতলা দ্রবণ (শতকরা 10 ভাগ সোডিয়াম কার্বনেটযুক্ত) লওয়া হয়। এই ট্যাঙ্কের উপরের ঢাকনা হইতে তারজালির খাঁচা ঝুলাইয়া দেওয়া হয় এবং উক্ত খাঁচার ভিতর চূনের বড় বড় টুকরা লইয়া সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয়। যন্ত্রচালিত আলোড়কের সাহায্যে দ্রবণটি আলোড়িত করা হয় এবং নলের ভিতর দিয়া ষ্টীম দ্রবণের মধ্যে পরিচালিত করা হয়। তাহাতে সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণের উষ্ণতা 80°—90° হয়। এই অবস্থায় রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে ক্যালসিয়াম কার্বনেট (অদ্রাব্য) অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং উৎপন্ন সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। এই কষ্টিক সোডার দ্রবণ ছাঁকিয়া লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে জল অপসারিত করিলে সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড গলিত অবস্থায় পাওয়া যায়। ইহা হইতে ছাঁচে ঢালিয়া ছোট ছোট দণ্ডের আকারে কষ্টিক-সোডা পাওয়া যায়।

$$Na_2CO_3 + Ca(OH)_2 = 2NaOH + CaCO_3.$$

কষ্টিক সোডার ব্যবহার :—কষ্টিক সোডা ধাতব সোডিয়াম উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। শক্ত সাবান, কাগজ, নকল সিল্ক প্রস্তুত করিতে, তৈলের রং নষ্ট করিতে এবং তৈলের শোধনে, অ্যালুমিনিয়াম ধাতুর উৎপাদনে উহার আকরিক বক্সাইটের শোধনে এবং পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে কষ্টিক সোডা ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য। সোডিয়ামের বিশেষ উল্লেখযোগ্য যৌগ সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্যলবণ পূর্বেই রসায়নের গোড়ার কথা, দ্বিতীয় ভাগ, পৃঃ ২২০—২২৩-এ আলোচিত হইয়াছে।

সোডিয়াম ক্লোরাইড হইতে বিভিন্ন সোডিয়ামের যৌগ উৎপাদন যেভাবে নিষ্পন্ন হয়, তাহা নিম্নের চার্টে দেখান হইল :—

চিত্র নং—31

কাচ (Glass):—কাচ একপ্রকার অনিয়তাকার স্বচ্ছ অথবা ঈষৎ-স্বচ্ছ কঠিন পদার্থ। ইহা উত্তাপ প্রয়োগে সান্দ্র (viscous) তরল পদার্থে পরিণত হয়। ইহার কোন সঠিক গলনাঙ্ক নাই। তাই ইহাকে কঠিনীভূত প্রবাহী (solid fluid) বলিয়া গণ্য করা হয়। উত্তাপে কাচ নমনীয় হয় এবং তখন ফুঁ দিয়া বা ছাঁচে ঢালাই করিয়া ইহা দ্বারা কাচনল এবং কাচের পাত্রাদি তৈয়ারী করা যায়। এইপ্রকার নমনীয় অবস্থায় রোলারের সাহায্যে চাপ দিয়া কাচের পাত তৈয়ারী করিতেও পারা যায়। সেইজন্য কাচকে কঠিন পদার্থ না বলিয়া অতি-শীতল (supercooled) তরল বলা হয়। কাচ কয়েকটি ধাতব সিলিকেটের মিশ্রণ এবং তাহার ভিতর একটি ক্ষারধাতুর সিলিকেট থাকিবেই। ইহার মোটামুটি সংকেত এইরূপ, $nR_2O, mBO, 6SiO_2$.
যেখানে R একটি ক্ষারধাতুর, যথা, সোডিয়াম, পটাসিয়াম, ইত্যাদির একটি পরমাণুকে বুঝায়, B একটি দ্বিযোজী-ধাতুর, যথা, ক্যালসিয়াম অথবা লেড অথবা আয়রণের পরমাণুকে বুঝায়।

কাচ-প্রস্তুতে প্রয়োজনীয় দ্রব্যাদি:—কাচ প্রস্তুত করিতে সিলিকা (কোয়ার্টজ, ফ্লিণ্ট, সাদা বালি, সাধারণ বালি SiO_2), পটাসিয়াম কার্বনেট (K_2CO_3), সোডা (সোডাভস্ম, Na_2CO_3), লেডের যৌগ (যথা, রেড লেড [Pb_3O_4], হোয়াইট লেড [$2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$], লিথার্জ [PbO]), ক্যালসিয়াম কার্বনেট (চুনাপাথর, খড়িমাটি, চুন, $CaCO_3$ অথবা CaO), ও বিরঞ্জক (ম্যাঙ্গানিজ-ডাই-অক্সাইড, MnO_2, পটাসিয়াম নাইট্রেট, KNO_3, রেড লেড, Pb_3O_4) ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই সকল পদার্থের প্রত্যেকটি কাচের এক-একটি ধর্মপ্রাপ্তিতে সাহায্য করে। সিলিকা কাচের গলনাঙ্ক বৃদ্ধি করে, কাচকে শক্ত ও ভঙ্গুর করে। চুনও কাচের গলনাঙ্ক বৃদ্ধিতে সাহায্য করে এবং উহার কাঠিন্য বাড়াইয়া দেয়। ক্ষার কাচের গলনাঙ্ক কমাইয়া আনে এবং কাচকে নরম করে।

কাচ নানাপ্রকার। বিভিন্ন প্রয়োজনে বিভিন্নরূপ কাচ ব্যবহৃত হয়। উপাদান ও ধর্মের পার্থক্য অনুসারে কাচের নিম্নলিখিতভাবে শ্রেণীবিভাগ করা হয়:—

(i) **সোডা-লাইম বা নরম কাচ** (Soft glass or Soda-lime glass, $Na_2O, CaO, 6SiO_2$): এই কাচ সাধারণতঃ সোডিয়াম সিলিকেট এবং

ক্যালসিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণ। ইহাকে **নরম কাচ** বলা হয়, কারণ ইহা সহজে কম উষ্ণতায় গলিয়া যায়; ইহা খুবই নমনীয়, তাই ইহা হইতে কম খরচে সাধারণ ব্যবহার্য কাচের দ্রব্যাদি, যথা, জানালার কাচ, কাচনল, পরীক্ষাগারে ব্যবহার্য সাধারণ যন্ত্রপাতি, নির্মিত হয়।

(ii) **পটাস-লাইম বা শক্ত কাচ** (Potash-lime glass or Hard glass K_2O, CaO, $6SiO_2$): ইহাকে বোহিমিয়ান কাচও (Bohemian glass) বলে। ইহা সাধারণতঃ পটাসিয়াম ও ক্যালসিয়াম সিলিকেটের মিশ্রণ। ইহা উচ্চ উষ্ণতায় গলে, তাই ইহাকে **শক্ত কাচ** বলে। ইহা জল বা অন্যান্য দ্রাবক দ্বারা কম আক্রান্ত হয়। ইহা উচ্চ উষ্ণতায় ব্যবহার্য যন্ত্রনির্মাণে যথা, দাহকনল (combustion tube), শক্ত কাচের পরীক্ষানল (Hard glass test tube) প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(iii) **পটাস লেড বা ফ্লিণ্ট কাচ** (Potash-lead or Flint glass, K_2O, PbO, $6SiO_2$):—ইহাকে **ক্রষ্টাল** বা **ষ্ট্রাস** (Crystal or Strass) নামেও অভিহিত করা হয়। ইহা সাধারণতঃ পটাসিয়াম সিলিকেট ও লেড সিলিকেটের মিশ্রণ। ইহা অতি সহজে কম উষ্ণতায় গলিয়া থাকে, তাই ইহা দিয়া সহজেই যন্ত্রাদি নির্মিত হইতে পারে। ইহাকে গলাইবার সময় বিজারক শিখার সংস্পর্শে আসিতে দেওয়া হয় না, কারণ তাহাতে লেড সিলিকেট বিজারিত হইয়া কালো লেড উৎপন্ন হয় এবং তখন কাচ একেবারে অস্বচ্ছ হইয়া যায়। ইহার ঘনাঙ্ক 3-3·3 এবং ইহার প্রতিসরাঙ্ক (refractive power) 1·7-1·78। ইহার উজ্জ্বলতা বেশী। ইহা জলীয় দ্রবণদ্বারা সহজে আক্রান্ত হয়।

লেন্স, প্রিজম্, তড়িৎ-বাল্ব এবং কৃত্রিম রত্নপ্রস্তুতে পটাস-লেড কাচ ব্যবহৃত হয়।

(iv) **সাধারণ কাচ বা বোতলের কাচ** (Common glass or bottle glass):—ইহা সোডিয়াম, ক্যালসিয়াম ও আয়রণ সিলিকেটের মিশ্রণ। ইহা হলদে বা সবুজ বর্ণের হয়। ইহা শিশি, বোতল প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

রঙ্গীন কাচ:—কাচ প্রস্তুতের সময় কাঁচা মালের সঙ্গে অতি সামান্য পরিমাণ বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড মিশাইয়া দিলে বিভিন্ন রংএর কাচ পাওয়া যায়। ক্রোমিয়াম অক্সাইডের সাহায্যে সবুজ কাচ, কোবাল্ট অক্সাইডের সাহায্যে নীল কাচ, কিউপ্রাস

অক্সাইডের সাহায্যে লাল কাচ, সোনার বা গোল্ডের গুঁড়ার সাহায্যে সোনালি লাল কাচ, টিন অক্সাইডের সাহায্যে অতি সামান্য স্বচ্ছ সাদা কাচ প্রস্তুত হয়।

ইহা ছাড়াও দুইটি বিশেষ ধরণের কাচ পরীক্ষাগারের যন্ত্রপাতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। একটি **জেনা** (Jena) কাচ এবং অপরটি **পাইরেক্স** (Pyrex) কাচ। ইহারা উভয়েই তাপসহ এবং রাসায়নিক বিকারকের দ্বারা আক্রান্ত হয় না। জেনা কাচ প্রস্তুত করিতে সিলিকার পরিবর্তে বোরন ট্রাই-অক্সাইড (B_2O_3) এবং ক্যালসিয়াম অক্সাইডের পরিবর্তে বেরিয়াম অক্সাইড (BaO) ব্যবহৃত হয় এবং পাইরেক্স কাচে বোরন ট্রাই-অক্সাইড সিলিকার স্থান অধিকার করিয়া থাকে।

কাচ-প্রস্তুতি :—বিভিন্ন প্রয়োজনে বিভিন্ন প্রকারের কাচের প্রচলন খুবই বেশী, তাই প্রত্যেক দেশেই অল্পবিস্তর কাচ উৎপাদন করা হয়। এক বাংলাদেশেই অনেকগুলি কাচ-শিল্প প্রতিষ্ঠান দেখিতে পাওয়া যায়। কাচ-শিল্পে নিম্নে উল্লিখিত কাঁচামাল ব্যবহৃত হয় :—

(i) সিলিকার জন্য সাদা বালি, সাধারণ বালি, কোয়ার্টজ, ফ্লিন্ট।

(ii) ক্যালসিয়ামের জন্য চুন, চুনাপাথর, খড়িমাটি।

(iii) পটাসিয়ামের জন্য কার্বনেট (K_2CO_3)।

(iv) সোডিয়ামের জন্য সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) ও সোডিয়াম সলফেট (Na_2SO_4).

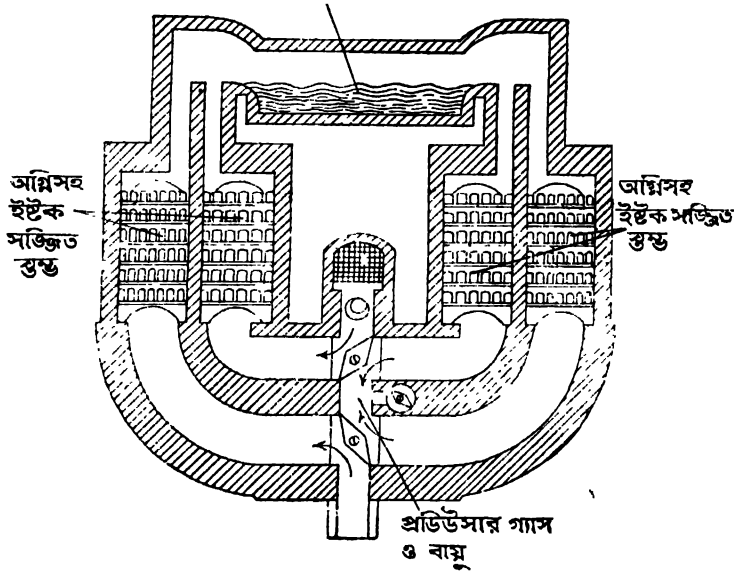
(v) লেডের জন্য লিথার্জ (PbO) এবং হোয়াইট লেড [$2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$]

(vi) কাঁচামাল সহজে গলাইবার জন্য পুরাতন ভাঙ্গা কাচের চূর্ণ। ইহাকে কুলেট (Cullet) বলে।

(vii) কাঁচামাল যথাসম্ভব বিশুদ্ধ করিয়া লইয়া ব্যবহার করিলে ও উহাতে অশুদ্ধি সামান্য পরিমাণে থাকার ফলে ঈষৎ রঙীন কাঁচের উদ্ভব হয়। এই রং অপসারণ করিবার জন্য বিরঞ্জক (decolorisers) হিসাবে পটাসিয়াম নাইট্রেট, ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি জারকদ্রব্য ব্যবহার করা হয়। কাচের সবুজ রং ফেরাস সিলিকেটের জন্য হয়। ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইড যোগ করিলে ফেরাস সিলিকেট ফেরিক সিলিকেটে পরিণত হয়; তখন ফেরিক লবণের সামান্য

হলুদ রং ম্যাঙ্গানিজের সামান্য বেগুনী রং দ্বারা নষ্ট হইয়া যাওয়ার ফলে একেবারে সাদা কাচ পাওয়া যায়।

প্রক্রিয়া ঃ—কাঁচামাল ব্যবহার করিবার পূর্বে পৃথকভাবে পরিষ্কার করিয়া যথাসম্ভব আয়রণ এবং কার্বনমুক্ত করা হয়। উপাদানগুলিকে পৃথক্‌ভাবে নির্দিষ্ট পরিমাণে (যথা 100 ভাগ বালি, 35-40 ভাগ সোডাভস্ম এবং 15 ভাগ চুনাপাথর) ওজন করিয়া লওয়া হয় এবং সেইগুলি পেশাই যন্ত্রে গুঁড়া করা হয়। ইহার পর সমস্ত উপাদান যন্ত্রের সাহায্যে একত্রে ভালরূপে মিশাইয়া লওয়া হয়। উপাদানগুলিকে সহজে গলাইবার জন্য মিশ্রণের সহিত ভাঙ্গা কাঁচ (Cullet) গুঁড়া করিয়া মেশানো হয়, কিন্তু সমস্ত মিশ্রণকে (মিশ্রণকে Batch বলে) একত্রে না গলাইয়া চুল্লীর বক্ষে অল্প অল্প করিয়া যোগ করিয়া

চিত্র নং—32

গলানো হয়। প্রথমে এক প্রস্থ মিশ্রণ গলিয়া গেলে উহাতে দ্বিতীয় প্রস্থ মিশ্রণ যোগ করিয়া গলানো হয়। এই প্রকারে সমগ্র মিশ্রণটিকে সমভাবে গলানো হয়।

অগ্নিসহ ইষ্টক নির্মিত আবৃত চুল্লীতে প্রডিউসার গ্যাসের (Producer gas—কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ) সাহায্যে প্রায় 1400° সেণ্টিগ্রেডে মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং চুল্লীবক্ষে পূর্বে উল্লিখিত মিশ্রণ কয়েক দফায় যোগ করিয়া গলানো হয় যতক্ষণ না সমস্ত চুল্লীবক্ষ গলিত কাচে ভরিয়া যায়। আজকাল চুল্লীর তাপকে নষ্ট হইতে দেওয়া হয় না। চুল্লীর দুইদিকে সজ্জিত ইষ্টকপূর্ণ দুইটি করিয়া স্তম্ভ থাকে। প্রথমে একদিকের দুইটি স্তম্ভ দিয়া উত্তপ্ত প্রডিউসার-গ্যাস ও বায়ু চুল্লীতে প্রবেশ করে। উত্তপ্ত প্রডিউসার-গ্যাসের কার্বন মনোক্সাইডের দহনের ফলে উষ্ণতা প্রায় 1400° সেণ্টিগ্রেড পর্যন্ত উঠে। উৎপন্ন উত্তপ্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর নাইট্রোজেন নির্গত হইবার সময় অপর দুইটি স্তম্ভের ইষ্টক-শ্রেণীকে উত্তপ্ত করে। পরে আবার প্রডিউসার-গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ বিপরীতমুখে ঘুরাইয়া এই দুইটি উত্তপ্ত স্তম্ভের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। ইহার ফলে প্রডিউসার-গ্যাস ও বায়ু উত্তপ্ত হইয়া চুল্লীর ভিতর জ্বলিতে থাকে এবং এইবারের উত্তপ্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড ও বায়ু প্রথমে ব্যবহৃত এবং অধুনা শীতল ইষ্টক শ্রেণীপূর্ণ স্তম্ভের ভিতর দিয়া বাহির হইয়া যায়। ইহার ফলে ঐ স্তম্ভের ইষ্টকশ্রেণী উত্তপ্ত হইয়া উঠে। প্রডিউসার-গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণের গতির দিক পরিবর্তন করিয়া তাপের অপচয় হইতে দেওয়া হয় না। এইরূপে মিশ্রণটি সম্পূর্ণরূপে গলিয়া গেলে বিরঞ্জক দ্রব্য (যথা, ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড অথবা রেড লেড) তরল কাচের সঙ্গে মিশাইয়া দণ্ড-দ্বারা খুব ভালভাবে গলিত মিশ্রণটি আলোড়িত করা হয়। ইহাতে সবুজ-বর্ণের ফেরাস লবণ ফেরিক লবণে পরিণত হয় এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে বাহির হইয়া যায়। এইবার রঙিন কাচ তৈয়ারী করার প্রয়োজন হইলে সামান্য পরিমাণ প্রয়োজনীয় ধাতব অক্সাইড গলিত কাচে যোগ করা হয়। যতক্ষণ পর্যন্ত গলিত কাচ হইতে গ্যাসের বুদ্‌বুদ্ উঠিতে থাকে অথবা কাচের ভিতর বায়ুর বুদ্‌বুদ্ আটকাইয়া থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয় এবং দেখা হয় যে উৎপন্ন কাচে যেন কোন শক্ত কঙ্কর (gritty material) না থাকে। এইভাবে উৎপন্ন জলের মত তরল কাচকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে উহা লেই (paste)-এর মত চট্‌চটে হয় এবং তখন উহাকে ছাঁচে ঢালাই করিয়া বা লৌহ-নলের মুখে জড়াইয়া ফুঁ দিয়া বা উহাকে পাতে পরিণত করিয়া বিভিন্ন আকৃতির কাচের দ্রব্য প্রস্তুত করা হয়।

কোমলায়ন (Annealing) :—কাচ তাপের কুপরিবাহী বলিয়া কাচের

দ্রব্য প্রস্তুত করিবার পর তাড়াতাড়ি শীতল করিলে উহার উপরিভাগ প্রথমেই শীতল হইয়া কঠিন হয়, কিন্তু অন্তর্ভাগটি খুব দুঃস্থিত অবস্থায় (internal strain) থাকে। কাজেই এইরূপ কাচের দ্রব্য সামান্য চাপেই বা সামান্য তাপের তারতম্যে ভাঙ্গিয়া যায়। সেইজন্য কাচদ্রব্য প্রস্তুত করিবার পর অতি ধীরে ধীরে উহাকে শীতল করা হয়। এইরূপ কাচে কোন প্রকার টান (strain) থাকে না। এই পদ্ধতিকে কোমলায়ন বলে।

দ্রষ্টব্য ঃ—সোনার গুঁড়া ব্যবহার করিয়া যখন লাল কাচ তৈয়ারী করা হয় তখন গলিত কাচে সোনার গুঁড়া যোগ করার পর কাচকে ঠাণ্ডা করিলে লাল কাচ উৎপন্ন হয় না। পরে উক্ত কাচকে লইয়া কোমলায়ন পদ্ধতি প্রয়োগ করিলে অর্থাৎ অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ধীরে ধীরে শীতল করিলে লাল কাচ উৎপন্ন হয়।

(খ) ম্যাগনেসিয়াম (Magnesium)

সংকেত—Mg পারমাণবিক ওজন—24·32 যোজ্যতা—2

আপেক্ষিক গুরুত্ব—1·74, গলনাঙ্ক 651° সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক 1100° সেন্টিগ্রেড

এই ধাতব মৌলটি প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু ইহার নানা প্রকার যৌগ প্রচুর পরিমাণে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। নিম্নলিখিত ম্যাগনেসিয়ামের খনিজগুলি বিশেষ উল্লেখযোগ্য ঃ

(i) ম্যাগনেসাইট (Magnesite), $MgCO_3$
(ii) ডোলোমাইট (Dolomite), $MgCO_3$, $CaCO_3$
(iii) কারনালাইট (Carnallite), $MgCl_2$, KCl, $6H_2O$
(iv) কাইসেরাইট (Kieserite), $MgSO_4$, H_2O
(v) কেইনাইট (Kainite), KCl, $MgSO_4$, $3H_2O$
(vi) অ্যাস্‌বেস্‌টোস্‌ (Asbestos), $CaMg_3(SiO_3)_4$

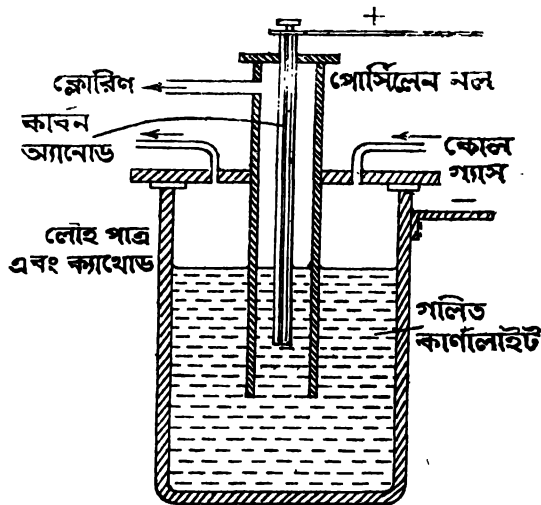
ভারতের মাদ্রাজ ও মহীশূরে ম্যাগনেসাইট পাওয়া যায় এবং অন্যান্য অনেক স্থানে প্রচুর ডোলোমাইট পাওয়া যায়। জার্মানির ষ্টাস্‌ফার্টে অবস্থিত লবণের খনির ভিতর কারনালাইট, কাইসেরাইট, কেইনাইট পাওয়া যায়। খনিজ প্রস্রবণের জলে ম্যাগনেসিয়ামের লবণ অনেক ক্ষেত্রে পাওয়া যায়, যেমন এপ্‌সম্‌ (Epsom) নামক স্থানে প্রস্রবণের জলে ম্যাগনেসিয়াম সলফেট বর্তমান দেখা যায়।

ম্যাগনেসিয়াম ধাতু নিষ্কাশন :—(i) তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি : গলিত স্ফটিক জলমুক্ত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করিলে ধাতব ম্যাগনেসিয়াম এবং ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হয় : $MgCl_2 \rightleftharpoons Mg^{++} + 2Cl^-$

ক্যাথোডে $Mg^{++} + 2e = Mg$; অ্যানোডে $2Cl^- - 2e = 2Cl$; $2Cl = Cl_2$

ষ্টাসফার্টের লবণ-স্তূপে (saltbed) যে কারনালাইট পাওয়া যায়, তাহাই বিশিষ্ট পাত্রে গলিত অবস্থায় লইয়া তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করিয়া ম্যাগনেসিয়াম ধাতু উৎপাদন করা হয়।

ঢাকনাযুক্ত একটি লৌহনির্মিত চতুষ্কোণ পাত্রে কারনালাইট বা অনার্দ্র (স্ফটিক জলমুক্ত) ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ লইয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহের সাহায্যে 700° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া গলান হয় এবং তাহাতে

চিত্র নং—33

জলমুক্ত স্বচ্ছ তরল পাওয়া যায়। লৌহের পাত্রকে ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করিয়া ক্যাথোড করা হয়। পাত্রের ঢাকনার মধ্যস্থল দিয়া একটি পোর্সিলেন নল (porcelain tube) ছবিতে দেখান মতন লাগাইয়া উহার মধ্য দিয়া একটি কার্বন-দণ্ড চালাইয়া দিয়া গলিত কারনালাইটের মধ্যে আংশিকভাবে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। এই কার্বনদণ্ডটিকে একই ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সহিত যুক্ত করিয়া অ্যানোডরূপে ব্যবহার করা হয়। পোর্সিলেন-নলের উপর দিকে একটি বহির্গমন নল লাগান থাকে।

লৌহপাত্রের ঢাকনায় আরও দুইটি নল লাগান হয়। উহার একটি দিয়া কোল গ্যাস (Coal-Gas) পাত্রের ভিতর প্রবেশ করান হয় এবং অন্য নল দিয়া উহা বাহির হইয়া যায়। তাহাতে লৌহ পাত্রের ভিতরের বায়ু কোল গ্যাস দ্বারা তাড়িত হইয়া বাহির হইয়া যায় এবং পাত্রের ভিতর কোল গ্যাস থাকে।

তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে গলিত কারনালাইটে অবস্থিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড-মাত্র বিশ্লিষ্ট হয়। যতক্ষণ ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড মিশ্রণে বর্তমান থাকে ততক্ষণ পটাসিয়াম ক্লোরাইড বা সোডিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লিষ্ট হয় না। ম্যাগনেসিয়াম ক্যাথোডে মুক্ত হইয়া গলিত অবস্থায় গলিত কারনালাইট বা $MgCl_2$ ও NaClএর গলিত মিশ্রণের উপর ভাসিতে থাকে এবং কোল গ্যাসের ভিতর থাকার ফলে অবিকৃত থাকে। ক্লোরিণ অ্যানোডে মুক্ত হয় এবং পোর্সিলেনের নলের ভিতর দিয়া উঠিয়া উহার বহির্গমন নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। মাঝে মাঝে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু তুলিয়া আনা হয় এবং উহাকে পাতনক্রিয়া দ্বারা শোধন করা হয়।

দ্রষ্টব্য। **(ক) গলিত কারনালাইটে Mg^{++} এবং K^+ এই দুই প্রকার আয়নই থাকে, কিন্তু তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় কেবলমাত্র ম্যাগনেসিয়াম আয়ন ক্যাথোডে যাইয়া ধাতুতে পরিণত হয়, কারণ তড়িৎ-রাসায়নিক পর্যায়ে ম্যাগনেসিয়াম পটাসিয়ামের নীচে আছে। তাই যদি পটাসিয়াম আয়ন সামান্য মাত্রও ধাতুতে পরিণত হয় তাহা ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব ম্যাগনেসিয়াম মুক্ত করে।**

(খ) কারনালাইট অথবা $MgCl_2$ ও NaClএর মিশ্রণ ব্যবহার করার উদ্দেশ্য হইল $MgCl_2$র গলনাঙ্ক কমান এবং $MgCl_2$র আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis) বন্ধ করা।

(গ) যদিও কারনালাইটের গলনাঙ্ক 500° সেন্টিগ্রেড, কিন্তু ম্যাগনেসিয়ামের গলনাঙ্ক 631° সেন্টিগ্রেড। যাহাতে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম ধাতু তরল অবস্থায় থাকিতে পারে সেই উদ্দেশ্যে গলিত কারনালাইটের উষ্ণতা 700° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়।

(ঘ) গলিত ম্যাগনেসিয়াম বায়ুর অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া MgO এবং Mg_3N_2 উৎপন্ন করে। তাই লৌহের পাত্রের ভিতর হইতে বায়ু অপসারণ করিয়া কোন বিজারক গ্যাস, যথা হাইড্রোজেন বা কোল গ্যাস ভর্তি করা হয়।

আর-একটি পদ্ধতিতে গলিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ কার্বন অ্যানোড এবং গলিত লেড ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ বিশ্লেষিত করা হয়। তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ও লেডের সংকর ধাতু উৎপন্ন হয়। এই ম্যাগনেসিয়াম-লেড সংকর অন্য একটি কোষে গলিত ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড ও পটাসিয়াম ক্লোরাইড লইয়া উহার তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডরূপে

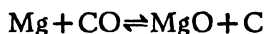
ব্যবহার করা হয় এবং বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়াম ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত ইস্পাতের দণ্ডের উপর সঞ্চিত করা হয়। পরে ইস্পাতের দণ্ড হইতে উহা খুলিয়া লওয়া হয়।

(ii) **কার্বন-বিজারণ পদ্ধতি :**—ম্যাগনেসিয়াম কার্বনেটকে ভস্মীকরণ (calcination) দ্বারা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

এই ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডকে কার্বন দ্বারা 2000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিজারিত করিয়া ধাতব ম্যাগনেসিয়াম পাওয়া যায়। $MgO + C = Mg + CO$

কিন্তু উপরে উল্লিখিত বিক্রিয়াটি বিপরীতমুখী (reversible)

$$Mg + CO \rightleftharpoons MgO + C$$

তাই এই উপায়ে ম্যাগনেসিয়াম পাইতে হইলে বিশেষভাবে তাড়াতাড়ি উদ্ভূত ম্যাগনেসিয়ামের বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইডকে 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় শীতল করা প্রয়োজন হয়।

পদ্ধতি :—প্রকৃতিতে প্রচুর ম্যাগনেসাইট পাওয়া যায়। প্রথমে ম্যাগনেসাইটকে চুল্লীতে পোড়াইয়া ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত করা হয়। এইভাবে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড চুল্লী হইতে সংগ্রহ করিয়া উহার সহিত কোকচূর্ণ ও তৈল বা পিচ (Pitch used as binder) মিশ্রিত করিয়া সমস্ত মিশ্রণকে ছোট ছোট ইটের আকারে (briquettes) পরিণত করা হয়।

এই ইটগুলিকে আবদ্ধ তড়িৎ-চুল্লীতে লইয়া 2000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে ম্যাগনেসিয়ামের বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাসের মিশ্রণ চুল্লী হইতে বাহির হইয়া আসে, কারণ ম্যাগনেসিয়ামের স্ফুটনাঙ্ক 1100° সেন্টিগ্রেড। পূর্বে উল্লিখিত $MgO + C \rightleftharpoons Mg + CO$ এই বিপরীতমুখী বিক্রিয়া যাহাতে ডান হইতে বামে চালিত না হইতে পারে তজ্জন্য ম্যাগনেসিয়ামের বাষ্প ও কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণের সহিত প্রচুর ঠাণ্ডা হাইড্রোজেন গ্যাস মিশাইয়া মিশ্রণকে তাড়াতাড়ি 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় শীতল করা হয়। তাহাতে ম্যাগনেসিয়াম ধাতু গুঁড়ার আকারে জমা হয়। এই ধাতব ম্যাগনেসিয়ামের গুঁড়াকে পুনরায় অন্য একটি তড়িৎচুল্লীতে খুব কম চাপে (high vaccum) 900° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া বাষ্পে পরিণত করা হয় এবং উক্ত বাষ্প শীতকে (condenser) ঠাণ্ডা করিয়া ম্যাগনেসিয়াম

ধাতু পাওয়া যায়। এইভাবে উৎপন্ন ম্যাগনেসিয়াম ধাতুকে পুনরায় নিষ্ক্রিয় গ্যাসের উপস্থিতিতে গলাইয়া ঢালিয়া ধাতুর পিণ্ড (ingot) উৎপন্ন করা হয়।

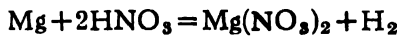
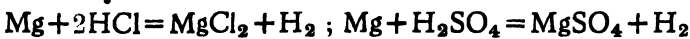
ম্যাগনেসিয়ামের ধর্ম :—(i) ভৌত ধর্ম—ম্যাগনেসিয়াম উজ্জ্বল সাদা রূপার মত চাকচিক্যময় ধাতু। ইহা একটি হালকা ধাতু, ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·74। ইহা নমনীয় (malleable) এবং প্রসার্যমান (ductile) ধাতু। ইহাকে সহজেই পাতে পরিণত করা যায় এবং টানিয়া ইহা হইতে তার তৈয়ারি করা যায়। ইহার গলনাঙ্ক 651° সেন্টিগ্রেড, এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 1100° সেন্টিগ্রেড।

(ii) **রাসায়নিক ধর্ম :**—শুষ্ক বায়ুর সংস্পর্শে ধাতব ম্যাগনেসিয়ামের রূপার মত ঔজ্জ্বল্য নষ্ট হয় না, কিন্তু জলীয় বাষ্পযুক্ত সাধারণ বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে ধাতুর উপর অক্সাইডের (MgO) স্তর পড়ে। বায়ুর ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে ম্যাগনেসিয়াম উজ্জ্বল সাদা শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে ; এই সাদা আলোর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটাইবার ক্ষমতা দেখা যায় (rich in actinic rays)। ম্যাগনেসিয়ামের বায়ুতে দহনের ফলে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড ও সামান্য ম্যাগনে-সিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। $2Mg+O_2=2MgO$: $3Mg+N_2=Mg_3N_2$. বিশুদ্ধ অক্সিজেনে ম্যাগনেসিয়াম ধাতুকে উত্তপ্ত করিলে উহা উজ্জ্বল আলোর সহিত জ্বলিয়া কেবলমাত্র অক্সাইড উৎপন্ন করে।

উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতু ষ্টীমে রাখিলে জ্বলিয়া উঠে এবং ফুটন্ত জলের সহিত ও ষ্টীমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা অক্সাইডে পরিণত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। $Mg+H_2O=MgO+H_2$.

পাতলা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। এমন কি পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিতও ইহা বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস দেয়।

$$Mg+2HCl=MgCl_2+H_2 \; ; \; Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$$

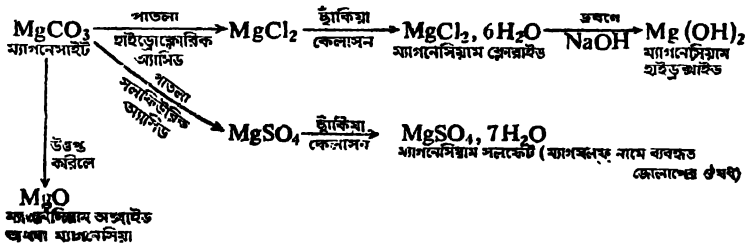
$$Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$$

ক্ষারের সহিত ম্যাগনেসিয়ামের কোন বিক্রিয়া হয় না।

ম্যাগনেসিয়ামকে নাইট্রোজেন গ্যাসের ভিতর রাখিয়া অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ইহা নাইট্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া ম্যাগনেসিয়াম নাইট্রাইডে পরিণত হয় : $3Mg+N_2=Mg_3N_2$.

ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর ম্যাগনেসিয়াম রাখিয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে উহা জ্বলিয়া

উঠে এবং তাহার ফলে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $Mg+Cl_2=MgCl_2$ জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম ধাতুর ফিতা কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের ভিতর প্রবেশ করাইলে উহা জ্বলিতে থাকে এবং ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয় ও কার্বন ভুসার আকারে জমা হয়; $2Mg+CO_2=2MgO+C$; অতি উচ্চ উষ্ণতায় ম্যাগনেসিয়াম অতি বিক্রিয়াশীল বিজারকরূপে ক্রিয়া করিয়া থাকে।

ম্যাগনেসিয়ামের ব্যবহার:—ম্যাগনেসিয়াম ফটোগ্রাফিতে ব্যবহৃত ফ্লাস্ বাল্‌বে তীব্র আলো উৎপন্ন করিতে, বাজী প্রস্তুতে, সাংকেতিক আলো (signalling light) উৎপাদনে, পরীক্ষাগারে তীব্র বিজারক হিসাবে এবং হাল্‌কা ধাতু-সংকর (alloys) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। হাল্‌কা ধাতু সংকরের ভিতর ম্যাগনালিয়াম (Magnalium, আপেক্ষিক গুরুত্ব—2, Mg 2%, Al 98%) এবং ইলেকট্রন (Electron, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·8, Mg 95%, Zn 4·5%, Cu 0·5%) উল্লেখযোগ্য। এই দুইটি সংকর ধাতুদ্বারা এরোপ্লেন বা মোটরগাড়ীর দেহ নির্মাণ করা হয়।

ম্যাগনেসিয়ামের প্রাকৃতিক যৌগ হইতে ম্যাগনেসিয়ামের নানাবিধ যৌগ-প্রস্তুতির ছক:—

চিত্র নং—34

(গ) ক্যালসিয়াম (Calcium)

সংকেত—Ca পারমাণবিক ওজন—40 যোজ্যতা—2

আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·55, গলনাঙ্ক 851° সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক 1439° সেন্টিগ্রেড।

প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম ধাতু মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না, কিন্তু ইহার নানা-প্রকার যৌগ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহার অক্সাইড ভূ-ত্বকের শতকরা 5 ভাগ গঠন করে। ক্যালসিয়ামের নিম্নলিখিত খনিজগুলি বিশেষ উল্লেখযোগ্য:—

(i) চূনা-পাথর (Limestone), খড়িমাটি (Chalk), মার্বেল পাথর (Marble), ক্যালসাইট (Calcite), আইল্যাণ্ড স্পার (Iceland Spar) ইত্যাদি। ইহাদের প্রত্যেকের উপাদান হইল ক্যালসিয়াম কার্বনেট, $CaCO_3$।

(ii) ডোলোমাইট (Dolomite), $CaCO_3$, $MgCO_3$.

(iii) জিপ্‌সাম (Gypsum) $CaSO_4, 2H_2O$

(iv) অ্যানহাইড্রাইট (Anhydrite), $CaSO_4$,

(v) ফ্লুয়োরস্পার (Fluorspar), CaF_2

(vi) ফ্লুয়োর অ্যাপাটাইট (Fluor apatite), $3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$
ক্লোর-অ্যাপাটাইট (Chlor-apatite), $3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$

(vii) ফস্‌ফোরাইট (Phosphorite), $Ca_3(PO_4)_2$.

জীবজন্তুর হাড়ে $Ca_3(PO_4)_2$ এবং ডিমের খোলায় ও ঝিনুক প্রভৃতি জলচর জন্তুর খোলায় $CaCO_3$ থাকে।

(viii) অনেক পাথরে ক্যালসিয়াম সিলিকেট, $CaSiO_3$, দেখিতে পাওয়া যায়।

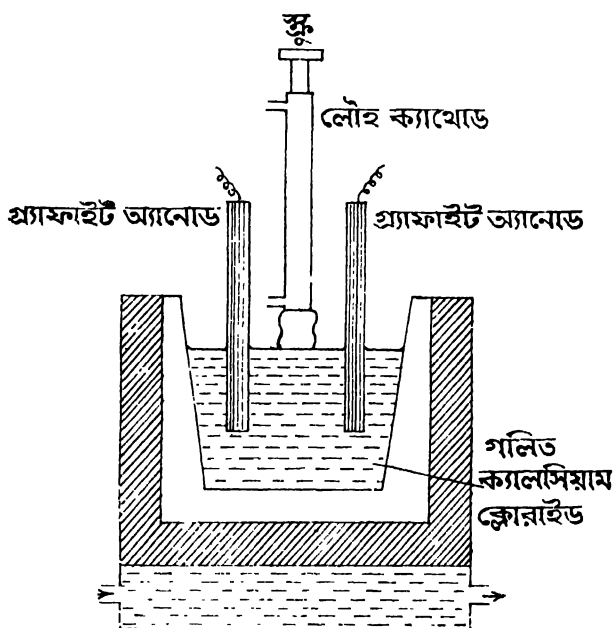
জিপসাম ভারতে মধ্যপ্রদেশে, পাঞ্জাবে এবং উত্তরপ্রদেশে পাওয়া যায়; ফ্লুয়োস্পার ও মার্বেল পাথর রাজস্থান এবং জব্বলপুরে দেখা যায়। লাইমষ্টোন ভারতের অনেক স্থানেই পাওয়া যায়।

ক্যালসিয়াম ধাতু প্রস্তুতি:—গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত করিয়া ক্যালসিয়াম ধাতু উৎপন্ন করা হয়।

গ্র্যাফাইট-নির্মিত একটি পাত্রে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড এবং ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইড 6 : 1 অনুপাতে মিশাইয়া লওয়া হয়। তড়িৎপ্রবাহের সাহায্যে মিশ্রণটিকে উত্তপ্ত করিয়া গলান হয়। ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 774° সেন্টিগ্রেড, কিন্তু সামান্য ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইড উহার সহিত মিশ্রিত করায়, গলনাঙ্ক 664° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় নামিয়া আসে। গ্র্যাফাইট পাত্রের নিচের অংশ একটি জলগাহের ভিতর বসাইয়া উহার চারিদিকে ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করা হয়। ইহার ফলে মিশ্রণের খানিকটা কঠিনাকারে জমিয়া পাত্রের ভিতরের দিকের গায়ে একটি আচ্ছাদন সৃষ্টি করে এবং এই আবরণ মূল্যবান গ্র্যাফাইটের ক্ষয় অনেকাংশে নিরোধ করে।

দুইটি গ্র্যাফাইটের দণ্ড গলিত মিশ্রণের ভিতর ডুবাইয়া ব্যাটারির ধনাত্মক

মেরুর সহিত যোগ করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণে অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত হয়। একটি লৌহের ফাঁপা নল গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডকে স্পর্শ করিয়া বসান হয় এবং উহা একই ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর সহিত যোগ করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণে ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়। ফাঁপা লোহার নলের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জল প্রবাহিত করিয়া উহাকে সর্বদা ঠাণ্ডা রাখা হয়। তড়িৎ দ্বারা স্বয়ংচালিত একটি স্ক্রুর সহিত লোহার ফাঁপা নলটি সংযুক্ত করিয়া উহাকে উপরে তুলিবার ব্যবস্থা করা থাকে। বিদ্যুৎপ্রবাহ চালনা করিলে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড বিশ্লিষ্ট হয়

চিত্র নং—35

এবং অ্যানোডে ক্লোরিণ গ্যাস উৎপন্ন হইয়া বাহির হইয়া যায়। ধাতব ক্যালসিয়াম ক্যাথোডে মুক্ত হয় এবং লোহার নলের প্রান্তে আটকাইয়া যায়। লোহার নলটি তখন স্বয়ংক্রিয় স্ক্রুর সাহায্যে আস্তে আস্তে উপরে উঠিয়া যায়। ইহাতে ধাতব ক্যালসিয়াম একটি দণ্ডের আকারে পাওয়া যায়। ক্যালসিয়াম ধাতুর চারিপাশে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের আবরণ থাকে বলিয়া উহা বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয় না অথবা অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিণ উহাকে আক্রমণ করিতে পারে

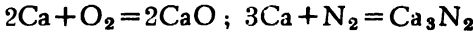
না। লৌহনল উপরে উঠিয়া গেলে মুক্ত ধাতব ক্যালসিয়ামের দণ্ডই ক্যাথোডের কার্য করে। $CaCl_2 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2Cl^-$

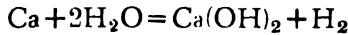
ক্যাথোডে $Ca^{++} + 2e = Ca$; অ্যানোডে $\left.\begin{array}{l} 2Cl^- - 2e = 2Cl \\ 2Cl \quad\quad = Cl_2 \end{array}\right\}$

ক্যালসিয়ামের ধর্মঃ—ভৌত ধর্মঃ—ক্যালসিয়াম রূপার মত সাদা ধাতু। ইহা নরম এবং নমনীয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·55, এবং ইহার গলনাঙ্ক 851° সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 1439° সেন্টিগ্রেড।

রাসায়নিক ধর্মঃ—ক্ষার-ধাতুর মত ইহা অত্যধিক বিক্রিয়াশীল না হইলেও অন্য সাধাবণ ধাতু অপেক্ষা ইহা অধিক সক্রিয়।

শুষ্ক বায়ুর সহিত ক্যালসিয়াম বিক্রিয়া করে না। কিন্তু আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে সাধারণ উষ্ণতাতেই ইহার উপর অক্সাইডেব (CaO-র) স্তর পরে। পরে উহা ক্রমশঃ ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও ক্যালসিয়াম কার্বনেটে রূপান্তরিত হয়। বায়ুতে উত্তপ্ত করিলে ইহা লোহিতাভ শিখার সহিত উজ্জ্বলভাবে জ্বলে এবং ক্যালসিয়াম অক্সাইড ও সামান্য ক্যালসিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Ca + O_2 = 2CaO \; ; \; 3Ca + N_2 = Ca_3N_2$$

জলের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম বিক্রিয়া কবিয়া জলকে বিশ্লিষ্ট কবে এবং ধীরে ধীরে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$$

সোডিয়ামের তুলনায় ইহার জলের সঙ্গে বিক্রিয়া অনেক মৃদুভাবে ঘটিয়া থাকে।

পাতলা অ্যাসিডের সহিত ক্যালসিয়াম বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়ামের লবণ ও হাইড্রোজেন গ্যাস দেয়, কিন্তু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হয় না। $Ca + 2HCl = CaCl_2 + H_2$.

ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর রাখিয়া ধাতব ক্যালসিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে ইহা ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়। $Ca + Cl_2 = CaCl_2$.

হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর রাখিয়া ক্যালসিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়াম হাইড্রাইড নামক যৌগ (CaH_2) উৎপন্ন হয়। ইহা **হাইড্রোলিথ** (Hydrolith) নামে পরিচিত। $Ca + H_2 = CaH_2$.

হাইড্রোলিথের উপর জল যোগ করিয়া হাইড্রোজেনের পণ্য-উৎপাদন কোন কোন ক্ষেত্রে সংঘটিত করা হয়। $CaH_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + 2H_2$.

নাইট্রোজেন গ্যাসের ভিতর রাখিয়া ক্যালসিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে ইহা ক্যালসিয়াম নাইট্রাইডে পরিণত হয়। $3Ca+N_2=Ca_3N_2$.

ক্যালসিয়ামের ব্যবহার ঃ— বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যালকোহলে অতি সামান্য জল থাকিলে উক্ত জল অপসারণের জন্য ক্যালসিয়াম ধাতুর টুকরা ব্যবহার করা হয়। বায়ু হইতে পৃথকীকৃত নাইট্রোজেন হইতে আরগন প্রস্তুত করিতে এবং হাইড্রোলিথ উৎপাদনে ক্যালসিয়াম ধাতু কিছু পরিমাণ ব্যবহৃত হয়। কিছু সংকর ধাতু প্রস্তুতে ইহার ব্যবহার দেখা যায়, যেমন ফ্রারী মেটাল (Frary metal) লেড, বেরিয়াম ও ক্যালসিয়ামের সংকর, উল্কো (Ulco) লেড ও ক্যালসিয়ামের সংকর।

ক্যালসিয়ামের যৌগ

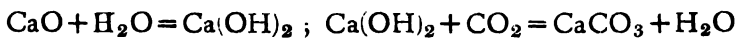
ক্যালসিয়াম অক্সাইড বা পাথুরে চুন (CaO)

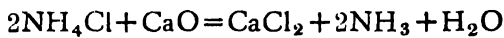
প্রস্তুতি ঃ— লাইমস্টোন বা চুনা পাথর ($CaCO_3$) উত্তাপে বিয়োজিত করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস এবং পাথুরে চুন পাওয়া যায়। $CaCO_3=CaO+CO_2$.

তাই পাথুরে চুনের পণ্য উৎপাদনের সময় কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়। এই প্রক্রিয়াটি বড় বড় চুনের ভাঁটিতে নিষ্পন্ন করা হয়। এই বিষয় দশম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" দ্বিতীয় ভাগে, পৃঃ ১২৮ বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।

পাথুরে চুনের ধর্ম ঃ— পাথুরে চুন একটি সাদা অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহা মৃত্তিকা-ক্ষার ধাতুর (alkaline earth metal) অক্সাইড। তাপপ্রয়োগে ইহা গলে না। এমনকি অক্সি-হাইড্রোজেন শিখায় (oxy-hydrogen flame) ইহা ভাস্বর হইয়া উঠিয়া তীব্র সাদা আলোক বিকীর্ণ করে (Lime-light)। কিন্তু ইলেকট্রিক চুল্লীর অতি উচ্চ উষ্ণতায় ইহাকে গলান যায়। ইহার গলনাঙ্ক 2570° সেন্টিগ্রেড। জলের প্রতি ইহার আসক্তি অতিশয় প্রবল। জলের সংস্পর্শে আসিলে ইহা প্রবলভাবে বিক্রিয়া করে এবং খুবই তাপ উৎপাদন সহকারে ইহা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড (কলিচুন) নামক তীব্র ক্ষারে পরিণত হয়। [$CaO+H_2O=Ca(OH)_2$] উদ্ভূত উত্তাপে যে জল যোগ করা হয় তাহার কিছুটা বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে। জলে কলিচুনের দ্রাব্যতা খুব কম, তাই জলের সঙ্গে ইহা থকথকে সাদা পদার্থে (milk-of-lime) পরিণত হয়। উহা ছাঁকিয়া লইলে চুনের জল (Lime-water) পাওয়া যায়। পাথুরে চুনকে আর্দ্রবায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে

ইহা প্রথমে জল এবং পরে বায়ুস্থিত কার্বন ডাই-অক্সাইড শোষণ করিয়া সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয়; উক্ত সাদা গুঁড়া ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও ক্যালসিয়াম কার্বনেটের মিশ্রণ।

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 \; ; \; Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

পাথুরে চুনের উপর জলের ক্রিয়াঃ—পাথুরে চুনে সামান্য জল যোগ করিয়া ভিজাইলে সামান্য সময় পরেই হিস্ হিস্ শব্দ শোনা যায় এবং মিশ্রণটি খুবই উত্তপ্ত হইয়া উঠে, জলীয় বাষ্পরূপে কিছুটা জল বাহির হইয়া আসে। পরে যথোপযুক্ত পরিমাণ জল দিলে পাথুরে চুন ফুলিয়া উঠিয়া ফাটিয়া যায় এবং সাদা গুঁড়ায় পরিবর্তিত হয়। এই সাদা গুঁড়াকে **স্লেকড লাইম** (slaked lime) বলে এবং এইভাবে পাথুরে চুনে জল দিয়া ইহার উৎপাদন প্রণালীকে **স্লেকিং অফ্ লাইম** (slaking of lime) বলে। $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$। পাথুরে চুন অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়ামের লবণ এবং জল উৎপাদন করে। অ্যামোনিয়ামের লবণ হইতে ইহা অ্যামোনিয়া গ্যাস বাহির করিয়া দেয়।

$$2NH_4Cl + CaO = CaCl_2 + 2NH_3 + H_2O$$

পাথুরে চুনের ব্যবহারঃ—পাথুরে চুন ক্ষারকীয় গ্যাসের আর্দ্রতা দূরীকরণে, ইথাইল অ্যালকোহলের নির্জলীকারকরূপে এবং ধাতুনিষ্কাশন পদ্ধতির প্রয়োগে বিগালক হিসাবে (flux) ব্যবহৃত হয়। **চুনের আলো** (lime light) নামক তীব্র সাদা আলোক উৎপাদনে পাথুরে চুন ব্যবহৃত হয়। কলিচুন, $Ca(OH)_2$, এবং ক্যালসিয়াম কার্বাইড, CaC_2, নামক ক্যালসিয়ামের যৌগ উৎপাদনে পাথুরে চুনের ব্যবহার হইয়া থাকে।

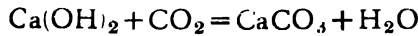
ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা কলিচুন, $Ca(OH)_2$:—

প্রস্তুতিঃ—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে পাথুরে চুনে জল যোগ করিয়া ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড একটি তীব্র ক্ষার। ইহা নানাভাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে, যেমন, (i) অতি সামান্য জলযুক্ত **ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড**; ইহা কঠিন পদার্থের গুঁড়ারূপে পাওয়া যায়; (ii) জলের সহিত ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের থকথকে মিশ্রণ, ইহাকে **মিল্ক-অফ-লাইম** (milk-of-lime) বলে; (iii) **চুনের জল**—ইহা ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডের জলীয় দ্রবণ; চুন অতি অল্প পরিমাণে জলে দ্রাব্য, তাই চুনে অধিক পরিমাণে জল দিয়া ঝাঁকাইয়া ছাঁকিয়া লইলে যে পরিষ্কার

জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাই চুনের জল নামে অভিহিত হয়। উচ্চ উষ্ণতায় জলে চুনের দ্রাব্যতা কমিয়া যায়।

কলিচুনের ব্যবহার ঃ—কলিচুন গাঁথুনির মশলা এবং সিমেণ্ট প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। কৃষিকার্যে সার হিসাবে চুনের ব্যবহার দেখা যায়। ব্লিচিং পাউডারের পণ্য উৎপাদনে কলিচুনের ব্যবহার হইয়া থাকে। ঘরের দেওয়ালে সাদা আস্তরণ দেওয়ার কার্যেও কলিচুনের ব্যবহার দেখা যায়। কাচ প্রস্তুতে, কষ্টিক সোডা উৎপাদনে (caustification process), চামড়া হইতে লোম সরাইতে এবং পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম লবণ হইতে অ্যামোনিয়া গ্যাস প্রস্তুত করিতে কলিচুন ব্যবহৃত হয়। চুনের জল পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের উপস্থিতি প্রমাণ করিতে ব্যবহৃত হয়। প্রথমে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চুনের জলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইলে চুনের জল ঘোলা হয়, কারণ অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম কার্বনেট উৎপন্ন হয়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

পরে আরও অধিক পরিমাণে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করিলে জলের ঘোলাটে ভাব কাটিয়া গিয়া পরিষ্কার দ্রবণ উৎপন্ন হয়। তখন দ্রবণে দ্রাব্য ক্যালসিয়াম বাই-কার্বনেট উৎপাদিত হয়।

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = CaH_2(CO_3)_2$$

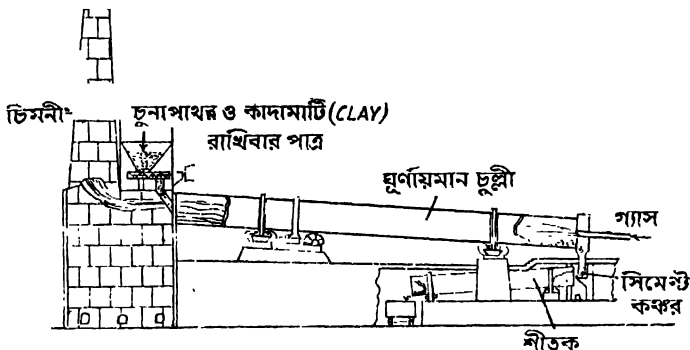
সিমেণ্ট ঃ—সিমেণ্ট একটি মিশ্র পদার্থ; ইহা গুঁড়ার আকারে ক্যালসিয়াম সিলিকেট এবং ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেটের মিশ্রণ। জলের সহিত মিশ্রিত করিয়া ব্যবহার করিলে ইহা অতি শক্ত পদার্থে পরিণত হয়; তাহার কারণ ইহা জল শোষণ করিয়া দুইটি উপাদানের ভিতর বন্ধন ঘটাইয়া দেয় এবং তাহার জন্য ইহার শক্ত-ভাবে বসিয়া যাইবার (setting) ক্ষমতা আসে।

কাদামাটির সহিত উপযুক্ত পরিমাণ ক্যালসিয়াম কার্বনেটের গুঁড়া মিশাইয়া প্রায় বিগলন অবস্থা পর্যন্ত বিশেষ চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া সিমেণ্ট প্রস্তুত করা হয়।

সিমেণ্ট প্রস্তুতি ঃ—কাদামাটি এবং চুনাপাথরের ($CaCO_3$) গুঁড়া উপযুক্ত পরিমাণে মিশ্রিত করিয়া একটি বিশেষ ধরণের গুঁড়া করিবার যন্ত্রে অতি সূক্ষ্মভাবে গুঁড়া করা হয়। সেই গুঁড়া একটি ঘূর্ণায়মান চুল্লীর ভিতর লইয়া প্রায় 1500° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। কয়লার গুঁড়া এই চুল্লী উত্তপ্ত করিতে ব্যবহৃত

হয়। তাহাতে প্রথমে সিমেণ্টের কঙ্কর (cement clinker) পাওয়া যায়। সেই কঙ্কর চুল্লী হইতে বাহিরে আনিয়া ঠাণ্ডা করিয়া পেশাই-করা যন্ত্রে ফেলিয়া অতি সূক্ষ্ম গুঁড়ায় পরিণত করা হয়। পরে সেই গুঁড়া বস্তাবন্দি করিয়া বাজারে সিমেণ্ট (cement) রূপে বিক্রয়ার্থ পাঠান হয়। সিমেণ্ট ও বালি মিশাইয়া তাহাতে

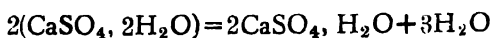
সিমেণ্ট প্রস্তুতের চুল্লী

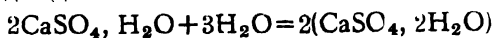
চিত্র নং—36

জল দিয়া লেই প্রস্তুত করিয়া গাঁথনির কাজে ব্যবহার করা হয়, উহাকে **সিমেণ্ট মর্টার** (cement mortar) বলে। জলের সংস্পর্শে ইহা কয়েক ঘণ্টার ভিতরেই জমিয়া শক্ত (setting) হইয়া যায়। এইভাবে শক্ত হইয়া জমিয়া যাইবার কারণ হইল এই যে জলের সংস্পর্শে সিমেণ্টের ভিতর অবস্থিত ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনেটের আর্দ্র বিশ্লেষণ (hydrolysis) সংঘটিত হইয়া ক্যাল-সিয়াম হাইড্রক্সাইড এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়। এইভাবে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের সহিত ক্যালসিয়াম সিলিকেটের বিক্রিয়া ঘটিয়া ক্যালসিয়াম অ্যালুমিনোসিলিকেট উৎপন্ন হয় এবং ইহার স্ফটিকগুলি পরস্পরের সহিত দৃঢ়সংবদ্ধ (interlacing of crystals) হইয়া যায় বলিয়া ইহা এত শক্ত হয়।

সিমেণ্ট মর্টারের কথা আগেই উল্লেখ করা হইয়াছে। এই সিমেণ্ট মর্টার ব্যবহার করিয়া বাড়ীর দেওয়াল, ঘরের ছাদ বা মেঝে, জলের বাঁধ বা রাস্তা তৈয়ারি করা হয়।

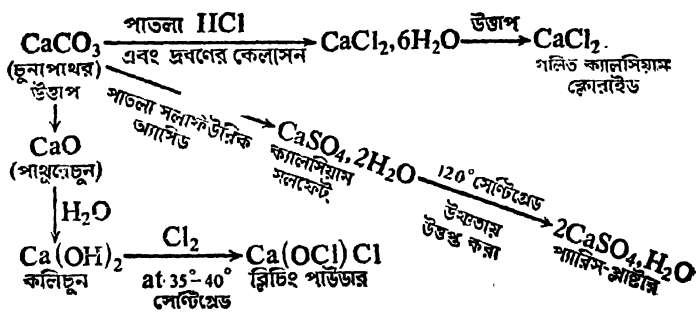
প্যারিস-প্লাষ্টার (Plaster of Paris) :—$2\,CaSO_4, H_2O$: প্রকৃতিতে ক্যালসিয়াম সলফেটের কেলাস ($CaSO_4, 2H_2O$) জিপসাম (Gypsum) নামক খনিজে পাওয়া যায়। এই প্রাকৃতিক কেলাস জলযুক্ত ক্যালসিয়াম সলফেট 110° হইতে 120° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় চুল্লী বক্ষে উত্তপ্ত করিয়া প্যারিস-প্লাষ্টার

তৈয়ারী করা হয়। এইভাবে উত্তপ্ত করিবার সময় দুইটি বিষয়ে সতর্ক হওয়া দরকার : (i) জিপসামকে কখনই কার্বনযুক্ত ইন্ধনের সংস্পর্শে আসিতে না দেওয়া, এবং (ii) চুল্লী-বক্ষে স্থিত জিপসামের উষ্ণতা কখনই যাহাতে 120° সেন্টিগ্রেডের উপরে না উঠে তাহা লক্ষ্য রাখা। প্রথমটি ঘটিতে দিলে ক্যালসিয়াম সলফেট বিজারিত হইয়া ক্যালসিয়াম সলফাইডে (CaS) পরিণত হইবে এবং দ্বিতীয়টি সম্বন্ধে অবহিত না হইলে অধিক উষ্ণতায় জিপসাম এমনভাবে পুড়িয়া যাইবে যে, আর জলের সংস্পর্শে ইহা শক্ত হইয়া জমাট বাঁধিবে না। 120° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় জিপসামের কেলাস-জল আংশিকভাবে অপসারিত হয় এবং সাদা গুঁড়ার আকারে প্যারিস-প্লাষ্টার পাওয়া যায়।

$$2(CaSO_4, 2H_2O) = 2CaSO_4, H_2O + 3H_2O$$

প্যারিস-প্লাষ্টারে জল দিয়া লেই (paste) তৈয়ারী করিয়া রাখিয়া দিলে উহা অতি অল্প সময়ের ভিতর শক্ত হইয়া বসিয়া যায় (sets)। এইভাবে জলের সংস্পর্শে শক্ত হইয়া যাওয়ার কারণ এই যে, ইহা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় জিপসামে পরিণত হয়।

$$2CaSO_4, H_2O + 3H_2O = 2(CaSO_4, 2H_2O)$$

যেহেতু জলের সহিত মিলিত হইয়া শক্ত হইবার সময় ইহা একটু আয়তনে বাড়ে, তাই ইহা ছাঁচে ঢালাই করার কাজে ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া মূর্তি নির্মাণে, ভাঙ্গা হাড় জোড়া লাগানোর জন্য ব্যাণ্ডেজ (bandage) বাঁধিবার কার্যে, সময় সময় সিমেন্টের প্রয়োজনে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

ক্যালসিয়ামের প্রাকৃতিক যৌগ হইতে ক্যালসিয়ামের অন্যান্য প্রয়োজনীয় যৌগ প্রস্তুতের ছক্।—

চিত্র নং—37

(ঘ) কপার (Copper)

সংকেত—Cu, পারমাণবিক ওজন—63·5, যোজ্যতা—1 এবং 2
আপেক্ষিক গুরুত্ব—8·95, গলনাঙ্ক—1083°, স্ফুটনাঙ্ক—2310°

ইহাকে সংস্কৃতে তাম্র নামে অভিহিত করা হইয়া থাকে এবং বাংলায় তামা বলা হয়। সভ্যতার উন্মেষের সঙ্গে সঙ্গেই অতি প্রাচীনকাল হইতেই তাম্রের ব্যবহার হইয়া আসিতেছে। যে সময়ে সর্বপ্রথম তাম্রই ব্যবহৃত হইতে সুরু হয় তাহাকে **তাম্রযুগ** (copper age) বলা হয়। প্রায় ছয় হাজার বৎসর পূর্বেকার তামার দ্রব্যের নিদর্শন পাওয়া গিয়াছে। ক্যানাডার লেক সুপিরিয়ারের নিকট, সাইবেরিয়ায় এবং উরাল পর্বতে (Ural mountains) মৌল হিসাবে প্রকৃতিতে তাম্র বা কপার পাওয়া যায়। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই কপার ইহার বিভিন্ন যৌগরূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায়। কপারের খনিজের ভিতর নিম্নলিখিতগুলি বিশেষ উল্লেখযোগ্য :—

(i) লাল কপার খনিজ অথবা কিউপ্রাইট, Cu_2O

(ii) কপার গ্লানস্ অথবা স্মালকোসাইট, Cu_2S

(iii) কপার পাইরাইটিস বা স্মালকোপাইরাইট, Cu_2S, Fe_2S_3 অথবা $CuFeS_2$

(iv) ম্যালাকাইট, $CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ (সবুজ রংএর)

(v) অ্যাজুরাইট, $2\ CuCO_3$, $Cu(OH)_2$ (নীল রংএর)

সলফাইড আকরিক হইতেই পৃথিবীর শতকরা 75 ভাগ কপার উৎপাদন করা হয়। সাধারণতঃ কপারের সলফাইড ঘটিত খনিজে শতকরা মাত্র 3 হইতে 5 ভাগ কপার থাকে।

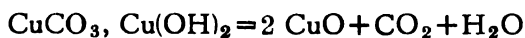
ভারতে বিহার প্রদেশের সিংভূম জেলায়, হাজারিবাগে ও সাঁওতাল পরগণায়, যুক্তপ্রদেশের কুমায়ুন ও ঘাড়োয়ালে, মাদ্রাজ প্রদেশের নেলোরে এবং সিকিম, রাজস্থান এবং পাঞ্জাবে কপারের আকরিক পাওয়া যায়। ঘাটশিলায় সিংভূমের মোসাবানিতে যে আকরিক পাওয়া যায় তাহা হইতে নিষ্কাশন করা হয়।

কপার নিষ্কাশন :—কপারের নিষ্কাশন পদ্ধতি কপারের আকরিকের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

(ক) প্রকৃতিতে যে কপার মুক্ত (native) অবস্থায় পাওয়া যায় তাহার সহিত অনেক অপদ্রব্য মিশিয়া থাকে। তাই উহাকে বিগালকের সহিত মিশাইয়া গলান হয়; তাহাতে অপদ্রব্যগুলি ধাতুমলে পরিবর্তিত হইয়া যায় এবং কপার হইতে উহাকে গলিত অবস্থায় ঢালিয়া ফেলা হয়। এইভাবে উৎপন্ন ধাতব কপার শোধিত করিয়া ব্যবহার করা হয়। ইলেক্ট্রোলিসিস্ (Electrolysis) বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা কপারের শোধন পদ্ধতি পরে বর্ণিত হইয়াছে (পৃঃ ২০৮)।

(খ) সলফার বা **গন্ধকবিহীন** (Sulphur-free) **আকরিক হইতে** কপার উৎপাদনের পদ্ধতি নিম্নে বর্ণিত হইল। কপারের অক্সাইড বা ক্ষারকীয় কার্বনেট আকরিকে কোন সলফার থাকে না। এই সকল আকরিক হইতে প্রথমে গলনাঙ্কের নিম্ন উষ্ণতায় উহাদের ভস্মীকরণ (calcination) নিষ্পন্ন করিয়া উহাদের উদ্বায়ীবস্তু (যথা, H_2O, CO_2 প্রভৃতি) তাড়ানো হয় এবং কার্বনেট অক্সাইডে পরিণত করা হয়। তৎপরে উৎপন্ন অক্সাইডের সহিত কয়লার গুঁড়া (coke-dust) এবং সামান্য বালি (বিগালক) মিশাইয়া বায়ু-চুল্লীতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে অক্সাইড বিজারিত হইয়া ধাতব কপারে পরিণত হয় এবং অশুদ্ধিগুলি বিগালকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতুমল উৎপন্ন করে। উপরের স্তরে অবস্থিত গলিত ধাতুমল ঢালিয়া ফেলিলে সর্বনিম্ন স্তরে কপার পাওয়া যায়।

$$CuCO_3, Cu(OH)_2 = 2\ CuO + CO_2 + H_2O$$

$$CuO + C = Cu + CO\ ;\ Cu_2O + C = 2\ Cu + CO$$

এইভাবে উৎপন্ন কপার অশুদ্ধ। ইহাকে তড়িৎ-বিশ্লেষণী কোষে (cell) শোধন করিয়া ব্যবহার করা হয়।

(গ) **সলফারযুক্ত পাইরাইটিস আকরিক হইতে** কপার নিষ্কাশন সোজা-সুজিভাবে সম্পাদন করা যায় না। তাহার কারণ পাইরাইটিসে Fe_2S_3 বিদ্যমান থাকে। এখন কপারের গন্ধকের প্রতি আসক্তি (affinity) বেশী এবং অক্সি-জেনের প্রতি আসক্তি কম। আবার আয়রণের গন্ধকের প্রতি আসক্তি কম এবং অক্সিজেনের প্রতি আসক্তি বেশী। সুতরাং কপার পাইরাইটিসকে বায়ুতে ভস্মীভূত করিলে Cu_2S অপেক্ষা Fe_2S_3 শীঘ্র শীঘ্র অক্সাইডে পরিণত হয় এবং যদিও বা সামান্য পরিমাণ Cu_2O জারণের ফলে উৎপন্ন হয় তাহা পুনরায় FeSএর সহিত বিক্রিয়া করিয়া Cu_2S-এর পরিণত হয়। এই অসুবিধার জন্য কপার পাইরাইটিস

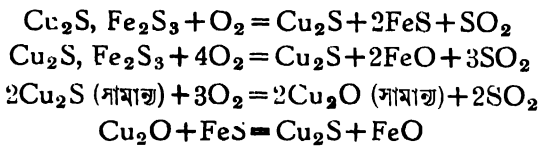
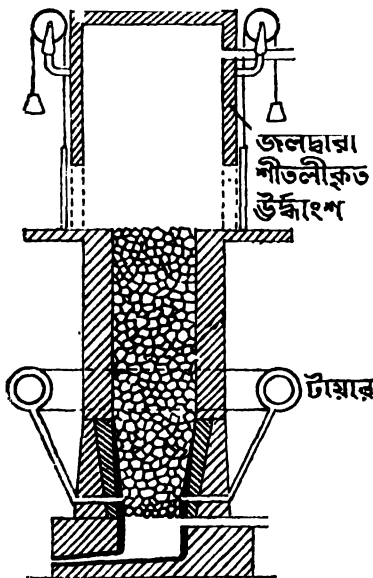
হইতে যতক্ষণ না আয়রণ সম্পূর্ণরূপে ধাতুমলের সহিত অপসারিত করা যায় ততক্ষণ Cu_2O গঠিত হয় না এবং Cu_2S হইতে কপারও পাওয়া যায় না।

বর্তমানে **শুষ্ক উষ্ণ** (Dry thermal) **পদ্ধতি,** যাহা আধুনিক জার্মান মানহেস (Manhes) পদ্ধতি বা মারুতচুল্লী-পদ্ধতি নামে পরিচিত, তাহাই প্রয়োগ করিয়া কপার উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে পর পর কয়েকটি প্রক্রিয়ার সাহায্য লওয়া হয়—যথা (i) গাঢ়ীকরণ (concentration), (ii) ভস্মীকরণ বা ভর্জন (Roasting), (iii) বিগলন (Smelting), (iv) স্বতঃ-বিজারণ (Self-reduction) এবং (v) বিশোধন (Refining)।

(i) **গাঢ়ীকরণঃ—তৈল-ভাসন পদ্ধতি** (Oil-floatation Process):—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, কপার পাইরাইটিসে কপারের পরিমাণ শতকরা 2 হইতে 3 ভাগ মাত্র। তাই ইহাতে কপারের শতকরা পরিমাণ বৃদ্ধি করা প্রয়োজন, তাহা না হইলে বহুপ্রকার অসুবিধা দেখা দেয় এবং বহু পরিশ্রম অপব্যয়িত হয়। খনিজ কপারের শতকরা পরিমাণ বৃদ্ধি করিতে সিলিকেট ও অন্যান্য মিশ্রিত অপদ্রব্য দূর করা প্রয়োজন। তাই আকরিককে ভালভাবে চূর্ণ করিয়া সেই চূর্ণ একটু পাইন তৈল ও সোডিয়াম জ্যানথেট (sodium xanthate—a floating agent) মিশ্রিত জলের মধ্যে ফেলা হয়। পরে এই মিশ্রণের নীচে হইতে সরু নলের ভিতর দিয়া প্রচুর বায়ু প্রবাহিত করা হয়। ইহার ফলে তৈল ও জল মিশ্রিত হয় এবং তাহার উপর প্রচুর ফেনা উৎপন্ন হয়। কপার ও অন্যান্য ধাতুর সলফাইড আকরিক তৈল দ্বারা সিক্ত হইয়া ফেনার সহিত উপরে ভাসিয়া উঠে; কিন্তু মাটি ও সিলিকেট জাতীয় পদার্থগুলি জলদ্বারা সিক্ত হইয়া ভারী হইয়া নীচে ডুবিয়া যায়। ফেনাকে অন্য পাত্রে লইয়া যন্ত্র সাহায্যে তৈল হইতে ফেনাকে পৃথক্ করা হয়। পরে সলফাইডকে গরম বায়ু দ্বারা শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। এইভাবে যে গাঢ় আকরিক পাওয়া যায় তাহাতে কপারের পরিমাণ শতকরা 30-35 ভাগ থাকে।

(ii) **ভর্জন বা জারণ** (Roasting): গাঢ় আকরিককে পরপর উপর হইতে নীচে পর্যন্ত অবস্থিত একসারি চুল্লীতে (multiple hearth furnace) (চিত্র নং 42এ দেখান হইয়াছে) প্রচুর বায়ু-প্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীকে উত্তপ্ত করিতে প্রডিউসার গ্যাস জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আকরিক উপর হইতে নীচের চুল্লীতে নামিতে থাকে এবং বায়ুস্রোত চুল্লীগুলির নীচে হইতে উপরের দিকে

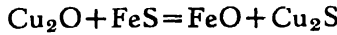
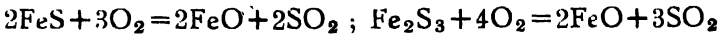
উঠিতে থাকে। এই প্রক্রিয়ায় আকরিকের ভিতর বর্তমান আর্সেনিক, জলীয়বাষ্প এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড প্রভৃতি উদ্বায়ী পদার্থসকল অপসারিত হয়। তাহার পর কিছুটা সলফাইড পুড়িয়া সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসে পরিণত হইয়া উড়িয়া যায়। আয়রণ কপার অপেক্ষা হীনধাতু (less noble metal than copper) বলিয়া সহজে জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। আবার যদিও সামান্য কপার-অক্সাইড এইভাবে উৎপন্ন হয় তাহাও ফেরাস সলফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কপার সলফাইডে পরিণত হয় এবং আয়রণ অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। তাই ভর্জিত খনিজে প্রধানতঃ কিউপ্রাস সলফাইড, ফেরাস অক্সাইড এবং ফেরাস সলফাইড থাকে।

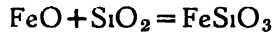
$$Cu_2S,\ Fe_2S_3 + O_2 = Cu_2S + 2FeS + SO_2$$
$$Cu_2S,\ Fe_2S_3 + 4O_2 = Cu_2S + 2FeO + 3SO_2$$
$$2Cu_2S\ (\text{সামান্য}) + 3O_2 = 2Cu_2O\ (\text{সামান্য}) + 2SO_2$$
$$Cu_2O + FeS = Cu_2S + FeO$$

দ্রষ্টব্য :—এই ভস্মীকরণ বা ভর্জন প্রক্রিয়া একটি পরাবর্ত- চুল্লীতেও (Reverberatory Furnace) সম্পন্ন করা যায়।

চিত্র নং—38

(iii) **বগলন** (Smelting) :—এই প্রকারে উৎপন্ন ভর্জিত আকরিকের সহিত অল্পপরিমাণ কোক, বালি (সিলিকা, SiO_2) এবং সামান্য চুন মিশাইয়া মিশ্রণকে একটি বায়ু-চুল্লীতে বিগলিত (smelted) করা হয়। মারুত চুল্লীটি প্রায় 66-70 ফুট উচ্চ এবং ইস্পাতের (steel) তৈয়ারী। উচ্চ উষ্ণতায় যাহাতে চুল্লীটি নষ্ট না হয় সেইজন্য চুল্লীটির উপরের বাহির দিকে নলের ভিতর দিয়া শীতল জল প্রবাহিত করিয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং চুল্লীটির ভিতরের দিকে অগ্নিসহ ইষ্টকের (fire-brick) আস্তরণ দেওয়া

থাকে। চুল্লীর উপরের দিকে অবস্থিত প্রবেশদ্বার দিয়া চুল্লীর ভিতর আকরিক, কোক ও সিলিকার মিশ্রণ ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং চুল্লীর নীচের দিকে অবস্থিত বড় বড় কয়েকটি নলের (tuyeres) সাহায্যে শুষ্ক ও উত্তপ্ত বায়ু চুল্লীর ভিতর পরিচালিত করা হয়। এইখানে কোক প্রথমে উত্তপ্ত বায়ুতে প্রজ্বলিত হয় এবং প্রচুর তাপের সৃষ্টি করে। অধিক উষ্ণতায় বাকী ফেরাস সলফাইড জারিত হইয়া ফেরাস অক্সাইডে পরিণত হয়। কপার কিন্তু তাহার সলফাইড অবস্থাতেই থাকে। আয়রণ অপেক্ষা কপারের সলফার-আসক্তি (affinity for sulphur) অধিক, তাই সামান্য কিউপ্রাস অক্সাইড যাহা পূর্ব প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় তাহা ফেরাস সলফাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় কিউপ্রাস সলফাইড গঠন করে।

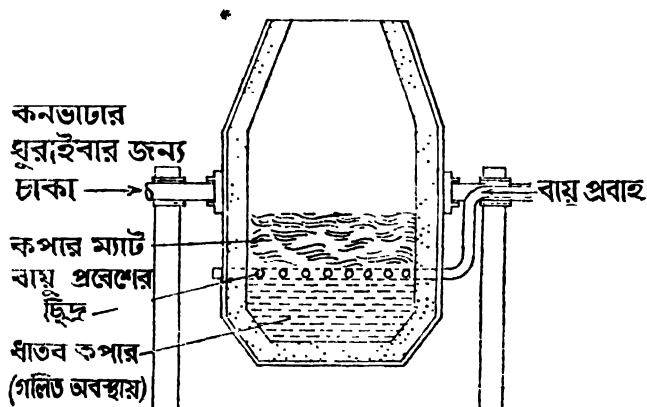
$$2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2 \; ; \; Fe_2S_3 + 4O_2 = 2FeO + 3SO_2$$

$$Cu_2O + FeS = FeO + Cu_2S$$

সিলিকা বা বালি বিগালক (flux) হিসাবে কার্য করে এবং উৎপন্ন আয়রণ অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল (slag) গঠন করে।

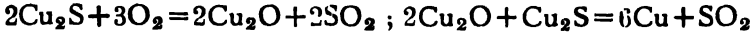
$$FeO + SiO_2 = FeSiO_3$$

চুল্লীর নিম্নাংশ খুব বেশী উষ্ণ থাকে, সেইজন্য ফেরাস সিলিকেট এবং কিউপ্রাস সলফাইড গলিত অবস্থায় সেখানে থাকে এবং এইভাবেই চুল্লীর নিম্ন প্রকোষ্ঠে সঞ্চিত হয়। আয়রণ সিলিকেট হাল্‌কা বলিয়া ইহা কিউপ্রাস সলফাইডের উপর ভাসিতে থাকে। এই গলিত মিশ্রণকে চুল্লীর নিম্নদেশ হইতে বাহির করিয়া আনিয়া একটি বৃহৎ পাত্রে (settler) লওয়া হয় এবং সেখানে মিশ্রণটি থিতাইলে দেখা যায় যে, উপরের স্তরে হাল্‌কা ধাতুমল এবং নীচের স্তরে কিউপ্রাস সলফাইড (Cu_2S) এবং তাহার সহিত মিশ্রিত সামান্য আয়রণ সলফাইড (FeS) গলিত অবস্থায় জমা হইয়াছে। এই দুই স্তরকে দুইটি বিভিন্ন নির্গমনল দিয়া বাহির করা হয়। কিউপ্রাস সলফাইড ও আয়রণ সলফাইডের মিশ্রণকে **ম্যাট** (matte) বলে। ম্যাটে কপারের পরিমাণ শতকরা 55 ভাগ থাকে।

(iv) **স্বতঃবিজারণ (Self-reduction) দ্বারা অশোধিত (Crude) ফোস্কা-পড়া তাম্র (Blister Copper) উৎপাদন** :—গলিত ম্যাটকে বৃহৎ পাত্র হইতে বাহিরে আনিয়া একেবারে সোজাসুজি একটি বিসিমার বিবর্তক

চুল্লীতে (Bessemer converter) লওয়া হয় এবং ইহার সহিত সামান্য বালি বা সিলিকা মেশানো হয়। বিবর্তক চুল্লীটি ডিম্বাকৃতি এবং ইহা ইস্পাত-নির্মিত। ইহার ভিতরের দিকে অগ্নিসহ ইষ্টক দ্বারা আবৃত করিয়া ম্যাগনেসাইটের (Magnesite, $MgCO_3$) আস্তরণ দেওয়া থাকে। চুল্লীকে যন্ত্রযুক্ত চাকা

চিত্র নং—39

ও দুইটি লৌহের দণ্ডের (pinion) উপর ঝুলাইয়া রাখা হয়; চাকার সাহায্যে চুল্লীটিকে ইচ্ছামত ঘুরাইয়া সোজা, কাত বা উপুড় করিয়া রাখা যায়। চুল্লীর উপর মুখ খোলা থাকে। চুল্লীর মধ্যস্থলে নল ঢুকাইয়া নলের পার্শ্বের বহু ছিদ্র (ports) দিয়া উষ্ণ বায়ু বুদবুদাকারে গলিত ম্যাটের মধ্যে জোড়ে চালনা করা হয়। ইহাতে ম্যাটে যেটুকু আয়রণ সলফাইড থাকে তাহা প্রথমে অক্সাইডে পরিণত হয়। উৎপন্ন ফেরাস অক্সাইড মিশ্রিত সিলিকার সহিত যুক্ত হইয়া ধাতুমল গঠন করে। যতক্ষণ পর্যন্ত বিবর্তক যন্ত্রের মুখ হইতে নির্গত শিখা সবুজ রঙের থাকে ততক্ষণ পর্যন্ত আয়রণ সিলিকেটের (ধাতুমলের) গঠন চলিতে থাকে। যখন এই শিখার সবুজ রং আর দেখা যায় না তখন চুল্লীটি কাত করিয়া গলিত ধাতুমল ঢালিয়া ফেলা হয়। এরপর চুল্লীটি সোজা করিয়া বসাইয়া প্রবল বায়ুস্রোত চালনা করা হয়। ইহার ফলে কতক পরিমাণ Cu_2S কপার অক্সাইডে (Cu_2O) পরিণত হয়। অপরিবর্তিত Cu_2S এবং উৎপন্ন Cu_2O-এর

ভিতর বিক্রিয়া হয় এবং তাহার ফলে কপার উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়ার নাম স্বতঃ-বিজারণ (self-reduction).

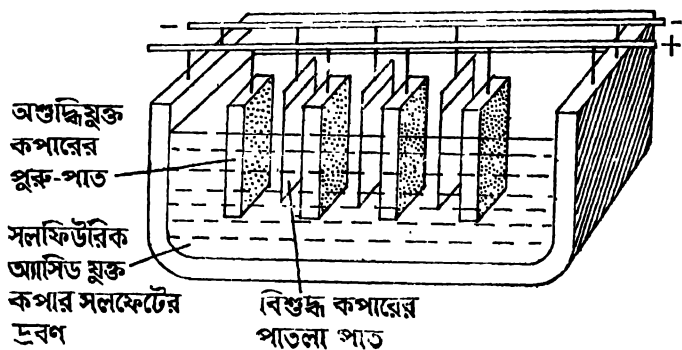
$$2Cu_2S+3O_2=2Cu_2O+2SO_2\ ;\ 2Cu_2O+Cu_2S=6Cu+SO_2$$

উৎপন্ন গলিত কপার ধাতু মধ্যস্থিত বায়ুপ্রবাহ চালনা করিবার নলের নীচে জমা হয়, সুতরাং ইহা উত্তপ্ত বায়ুদ্বারা জারিত হয় না। এই কারণে এই প্রকার বিসিমার বিবর্তক চুল্লীতে বায়ুনল চুল্লীর মধ্যস্থলে বসানো হয়। এই প্রকারে বিবর্তক চুল্লীর ভিতর নল লাগাইয়া বায়ু চালনা করার ব্যবস্থা মানহেস্ (Manhes, 1880) প্রথম প্রবর্তিত করেন। ইস্পাত উৎপাদনে ব্যবহৃত বিসিমার বিবর্তক চুল্লীতে বায়ুপ্রবাহ চালনা করিবার নল চুল্লীর একেবারে নীচে দিয়া বসানো থাকে। যখন প্রক্রিয়া শেষ হয় তখন বায়ুস্রোত বন্ধ করিয়া চুল্লীটি উপুড় করিয়া গলিত কপার বাহির করিয়া লওয়া হয়। গলিত কপার শীতল হইয়া কঠিন হইবার সময় উহাতে দ্রবীভূত সলফার ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া যায়, সেইজন্য উৎপন্ন কপারের সর্বাঙ্গে ফোস্কা (blister) পড়িয়া মৌচাকের মত সচ্ছিদ্র হয়। এই কপারকে ফোস্কা-পড়া কপার (blister copper) বলে। ইহাতে শতকরা 98 ভাগ কপার থাকে।

(v) **বিশোধন** (Refining) :—অশোধিত কপারে শতকরা 98 ভাগ তামা এবং 2 ভাগ আয়রণ, সলফার, আর্সেনিক, লেড প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। এই কপারকে বালির আস্তরণযুক্ত (Silica-lining) পরাবর্ত-চুল্লীতে উত্তপ্ত করিয়া গলানো হয় এবং পরিমিত পরিমাণ বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়। ইহাতে অশুদ্ধিগুলি জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উদ্বায়ী অক্সাইড যথা SO_2, As_2O_3 উপিয়া যায়। অন্য অক্সাইড, যথা, FeO, আস্তরণের সিলিকার সহিত মিলিত হইয়া ধাতুমল গঠন করে এবং তাহা গলিত কপারের উপর ভাসিতে থাকে। ধাতুমলকে উপর হইতে সরানো হয়। একটু কিউপ্রাস অক্সাইডও এই সময় উৎপন্ন হয়। এই Cu_2O না সরাইলে উৎপন্ন কপার ভঙ্গুর হয়। তাই গলিত কপারের উপর কিছু কয়লার গুঁড়া ছড়াইয়া দিয়া একটি কাঁচা গাছের ডাল (green pole) দিয়া উহাকে নাড়া দেওয়া হয়। ইহাতে বিজারক হাইড্রোকার্বন গ্যাস (reducing hydrocarbon gases) উদ্ভূত হইয়া Cu_2Oকে বিজারিত করিয়া কপারে পরিণত করে। এইভাবে যে কপার উৎপন্ন হয় তাহার

মধ্যে কপারের পরিমাণ শতকরা 99·5 ভাগ। ঠিকমত অবস্থায় গলিত কপার পৌঁছিল কি না তাহা দেখিবার জন্য চুল্লীবক্ষ হইতে গলিত কপার তুলিয়া আনিয়া তাহাকে গোলকের আকারে পরিবর্তিত করিয়া দুইখণ্ডে কাটিয়া ফেলিয়া ভাঙ্গা অংশ পরীক্ষা করিয়া দেখা হয় এবং বিচক্ষণ কারিগর উহার আকার হইতে বুঝিতে পারে যে চুল্লীবক্ষ হইতে কপার ঢালিয়া ফেলিবার সময় হইয়াছে। তখন কপারকে চুল্লীবক্ষ হইতে ঢালিয়া ফেলা হয়।

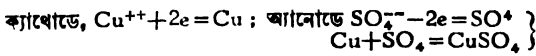
দ্রষ্টব্য :—যদি কোনও কারণে বেশীক্ষণ আলোড়িত করার ফলে কপার অধিক বিজারিত (overpoled) হইয়া যায় এবং তাহার ফলে কপার হাইড্রাইড উৎপন্ন হইয়া গলিত কপারে মিশিয়া যায়, তাহা হইলে কাঁচা ডাল দিয়া আলোড়ন বন্ধ করিয়া গলিত কপারকে কিছুক্ষণ বায়ুর সংস্পর্শে রাখা হয়। তাহাতে কপার হাইড্রাইড জারিত হইয়া যায় এবং যথাযথ বিশুদ্ধ কপার উৎপন্ন হয়। তখন পূর্বের মত পরীক্ষা করিয়া গলিত কপার চুল্লীবক্ষ হইতে ঢালিয়া ফেলা হয়।

কপারের তড়িৎ শোধন প্রণালী : বিশুদ্ধতর কপার যাহা ইলেকট্রিকের তার তৈয়ারী এবং অন্যান্য ইলেকট্রিকের যন্ত্রপাতি তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয় তাহা তড়িৎ-বিশ্লেষণী পদ্ধতি দ্বারা উৎপাদন করা হয়। এই পদ্ধতিতে একটি বিশেষভাবে প্রস্তুত লেডের আস্তরণ দেওয়া ট্যাঙ্কে সলফিউরিক অ্যাসিড

চিত্র নং—40

(15%) যুক্ত কপার সলফেটের দ্রবণ লওয়া হয় এবং তাহার ভিতর একটি কপারের দণ্ড হইতে অনেকগুলি মোটা অশুদ্ধ কপারের পাত ঝুলাইয়া কপারের দণ্ডটিকে একটি ব্যাটারীর ধনাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত করিয়া উহাদের অ্যানোডে পরিণত করা হয়। অন্য একটি কপারের দণ্ড হইতে উক্ত মোটা পাতের ভিতরে ভিতরে পাতলা বিশুদ্ধ কপারের পাত ঝুলাইয়া দেওয়া হয় এবং এই কপারের

দণ্ডটিকে সেই ব্যাটারীর ঋণাত্মক মেরুর সহিত যোগ করিয়া উক্ত পাতলা পাতগুলিকে ক্যাথোডে পরিণত করা হয়। এইভাবে কপারের পাতগুলি সাজাইয়া লইয়া ব্যাটারী হইতে তড়িৎ পরিচালনা করিলে অ্যানোডে কপার দ্রবীভূত হয় এবং ক্যাথোডে অতি বিশুদ্ধ কপার সঞ্চিত হয়। অশুদ্ধ কপারের কতকগুলি অশুদ্ধি যেমন Fe, Bi, Sb অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং অদ্রাব্য অশুদ্ধি যথা Au, Ag, Pt, Se অ্যানোডে কাদার মত অবস্থায়' (anode-mud) জমা হয়। সময় সময় অ্যানোডকে একটি থলির দ্বারা মুড়িয়া রাখা হয় এবং দামী অশুদ্ধিগুলি থলিতে জমে। উহাকে অ্যানোড শ্লাইম (anode slime) বলে। উহা হইতে Au এবং Ag সংগ্রহ করা হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ—এইখানে কপার সলফেটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত হইয়া অ্যানোডে SO_4^{--} আয়ন যায় এবং সেখানে উহার তড়িৎশক্তি প্রশমিত হওয়ার ফলে SO_4 যৌগমূলকরূপে নির্গত হয় এবং তখনই উহা অ্যানোডের কপারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কপার সলফেট উৎপন্ন করে। উক্ত কপার সলফেট তৎক্ষণাৎ দ্রবণে চলিয়া যায়। এইভাবে কপার সলফেটের পরিমাণ যাহা লওয়া হয় তাহাই থাকে। ক্যাথোডে কপার আয়ন যাইয়া তাহার তড়িৎশক্তি প্রশমনের ফলে ধাতব কপাররূপে ক্যাথোডের উপর জমা হয়। $CuSO_4 \rightleftharpoons Cu^{++} + SO_4^{--}$

ক্যাথোডে, $Cu^{++} + 2e = Cu$; অ্যানোডে $\left.\begin{array}{l} SO_4^{--} - 2e = SO^4 \\ Cu + SO_4 = CuSO_4 \end{array}\right\}$

কপারের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ— কপার ধাতুর রং বিশিষ্ট লাল ; ইহাকে তামাটে লাল বলা হয়। এই ধাতু নরম, ঘাতসহনশীল, প্রসার্যমান (malleable and ductile)। ইহার ঘনাঙ্ক 8·85। ইহা তাপ ও তড়িতের উত্তম পরিবাহী। ইহার গলনাঙ্ক 1083° সেন্টিগ্রেড এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 2310° সেন্টিগ্রেড।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ বায়ুর ক্রিয়া ঃ—শুষ্ক-বায়ুর সাধারণ উষ্ণতায় কপারের উপর কোন ক্রিয়া হয় না। আর্দ্র বায়ু সাধারণ উষ্ণতায় কপারের উপর ধীরে ধীরে অক্সাইড বা সলফাইডের বাদামী রং-এর আবরণের সৃষ্টি করে। দীর্ঘদিন একইভাবে কপারকে আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ফেলিয়া রাখিলে আবরণের রং সবুজ হইতে থাকে ; কারণ তখন ক্ষারকীয় কপার সলফেট [$CuSO_4$, $3Cu(OH)_2$] উৎপন্ন হয়।

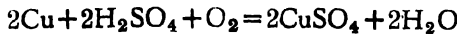
কপারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে কপারের অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

দ্রষ্টব্য :—কপারের পাত লইয়া এইভাবে উত্তপ্ত করিলে তাহার উপরের অংশ কিউপ্রিক অক্সাইডে পরিণত হয় বটে কিন্তু উহার ভিতরের অংশে কিউপ্রাস অক্সাইড থাকিয়া যায়। তাই কপারকে উত্তাপ প্রয়োগে সড়াসড়ি কিউপ্রিক অক্সাইডে সম্পূর্ণরূপে পরিণত করা যায় না। সেই কারণে যখন কপারের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করিতে উহাকে সম্পূর্ণরূপে কিউপ্রিক অক্সাইডে রূপান্তরিত করিতে হয় তখন নাইট্রিক অ্যাসিডের সাহায্যে কপারকে কিউপ্রিক নাইট্রেটে পরিবর্তিত করিয়া পরে উত্তাপ প্রয়োগে কিউপ্রিক নাইট্রেটের বিয়োজনে কিউপ্রিক অক্সাইড উৎপাদন করা হয়

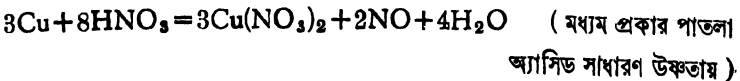
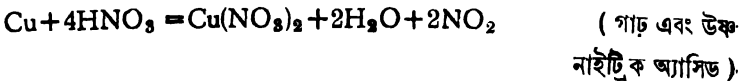
জলের ক্রিয়া :—জল বা ষ্টীম কপার লোহিত তপ্ত হইলেও উহার সহিত কোন প্রকার বিক্রিয়ায় যোগদান করে না।

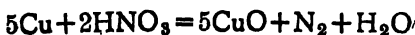
অ্যাসিডের ক্রিয়া :—তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে কপার হাইড্রোজেনের নীচে অবস্থিত, সেইজন্য পাতলা হাইড্রোক্লোরিক বা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ইহার সাধারণ উষ্ণতায় কোন বিক্রিয়া হয় না কারণ কপার হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে পারে না। কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের গাঢ় দ্রবণ (Concentrated HCl) অথবা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণ বায়ুর উপস্থিতিতে কপারকে দ্রবীভূত করে, কারণ অতি সামান্য বিক্রিয়ার ফলে অতি সামান্য উৎপন্ন হাইড্রোজেন বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জলরূপে অপসারিত হয় এবং তখন আবার একটু সামান্য বিক্রিয়া হয় এবং এইভাবে সমস্ত ধাতব কপার দ্রাবিত হইয়া যায়। $2Cu+4HCl+O_2=2CuCl_2+2H_2O$

$$2Cu+2H_2SO_4+O_2=2CuSO_4+2H_2O$$

জারক অ্যাসিড (যথা উষ্ণ ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড বা যে কোন প্রকার নাইট্রিক অ্যাসিড ঘন বা পাতলা) কপারের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া কপারকে দ্রাবিত করে।

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2$$ (গাঢ় এবং উষ্ণ নাইট্রিক অ্যাসিড)

$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$ (মধ্যম প্রকার পাতলা অ্যাসিড সাধারণ উষ্ণতায়)

লোহিত তপ্ত কপারের উপর দিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের বাষ্প চালনা করিলে কপার অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং নাইট্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে।

$$5Cu+2HNO_3=5CuO+N_2+H_2O$$

ক্ষার দ্রবণের সহিত কোন অবস্থাতেই কপারের কোন বিক্রিয়া হয় না। **ক্লোরিণ** গ্যাসের ভিতর কপারের অতি পাতলা পাত নামাইয়া দিলে উহা জ্বলিয়া উঠে এবং কিউপ্রিক ক্লোরাইডে রূপান্তরিত হয়। $Cu+Cl_2=CuCl_2$
এই বিক্রিয়া কপারের মোটা পাত লইয়া ক্লোরিণ গ্যাসের সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলেও ঘটিয়া থাকে। সলফারের সহিত কপারকে উত্তপ্ত করিলে ইহা কিউপ্রিক সলফাইডে পরিণত হয়। $Cu+S=CuS$.

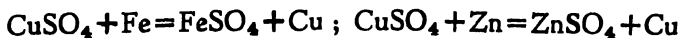
এইভাবে কপারকে জারিত করে বলিয়াই সলফারকে সংস্কৃত ভাষায় "**শূলভেরী**" বলা হয়।

বায়ুর উপস্থিতিতে কপার অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণে দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ গাঢ় নীলবর্ণ হয়।

পূর্বে উল্লিখিত হইয়াছে যে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে উহার উপরের দিকে অবস্থিত ধাতু উহার নীচের দিকে অবস্থিত ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। তাই কপার তাহার নীচে অবস্থিত সিলভার বা মার্কারীর লবণের দ্রবণ হইতে সিলভার বা মার্কারী প্রতিস্থাপিত করে।

$$Cu+2AgNO_3=2Ag+Cu(NO_3)_2 \; ; \; Cu+HgCl_2=CuCl_2+Hg$$

সেই কারণে কপারের পাত মার্কিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে ডুবাইলে কপারের পাতের উপর মার্কারীর আস্তরণ পড়ার জন্য উহার উজ্জ্বল লাল রং লোপ পাইয়া উহার রং ছাই-এর মত হয়। পরে জলের তলায় রাখিয়া উক্ত পাতকে আঙ্গুল দিয়া ঘষিলে উহা একেবারে উজ্জ্বল সাদা রং প্রাপ্ত হয়। আবার কপারের লবণের দ্রবণে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে কপারের উপরে অবস্থিত ধাতু যোগ করিলে কপার অপসারিত হয়। যেমন কপার সলফেটের দ্রবণে আয়রণ বা জিঙ্ক ডুবাইলে উহাদের উপর লাল রং-এর কপারের আস্তরণ পড়ে।

$$CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu \; ; \; CuSO_4+Zn=ZnSO_4+Cu$$

কপারের ব্যবহারঃ—কপার উত্তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী এবং উচ্চ মূল্যের সিলভারের পরেই এই ধর্ম বিষয়ে ইহা দ্বিতীয় স্থান অধিকার করে। এইজন্য তড়িৎ-শিল্পে ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। টেলিগ্রাফ ও টেলিফোনের তারে, গৃহে, তড়িৎ পরিবহনের তারে এবং অন্যান্য বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নির্মাণে ইহা ব্যবহৃত হয়, কিন্তু এই সকল স্থলে অতি বিশুদ্ধ একেবারে আর্সেনিক-মুক্ত কপার প্রয়োজন হয়। ইহার তাপ পরিবাহিতা এবং উচ্চ উষ্ণতায় ইহার উপরে ষ্টীমের ক্রিয়া না থাকায়

ইহা রন্ধনের পাত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়। তবে খাদ্য-দ্রব্য রন্ধনের সময় কোন প্রকারে যদি সামান্য কপার দ্রাবিত হইয়া খাদ্য-দ্রব্যে আসে তবে বিষ-ক্রিয়া হইতে পারে বলিয়া তামার বাসনের ভিতরটায় টিনের আস্তরণ দেওয়া হয়। ইহা তড়িৎ-লেপনে (electroplating), তড়িৎ-বিশ্লেষণী পদ্ধতিতে, অক্ষর প্রস্তুতে, ছাঁচ প্রস্তুতে, এবং সংকর ধাতু (alloy) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। বিশুদ্ধ কপার নরম, কিন্তু পিতল, কাঁসা প্রভৃতি কপারের সংকর ধাতুগুলি বেশ শক্ত এবং সেই কারণে নিত্য ব্যবহার্য ঘটি-বাটি, থালা, গেলাস প্রভৃতি প্রস্তুতে ইহাদের কার্যকারিতা সহজেই উপলব্ধি করা যায়। কপারের কয়েকটি সংকর ধাতু নিম্নে উল্লিখিত হইল, যথা—

(i) **ব্রাস (Brass)**—ইহা কপার (80%) এবং জিঙ্ক (20%)-এর সংকর ধাতু। ইহার রং হলদে, এবং ইহা দ্বারা বাসন পত্র, যন্ত্রাদির অংশ এবং ঢালাই দ্রব্যাদি প্রস্তুত করা হয়। কিন্তু কপার (70%) ও জিঙ্ক (30%) দ্বারা যে সংকর ধাতু উৎপন্ন হয় তাহা সাদা এবং উহা খুবই টেঁকসই। তাই ইহা থালা, বাসন, গেলাস প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। আমাদের দেশে খাগড়াই কাঁসা বলিয়া যাহা চলে তাহা এই সংকর ধাতু।

(ii) **ব্রঞ্জ (Bronze)**—প্রাচীনকালে ব্যবহৃত ব্রঞ্জের উপাদান ছিল—কপার (90%) এবং টিন (10%)। ইহার রং মেটে বাদামী, এবং পালিশ করিয়া খুব চকচকে করা যায়। ইহা দ্বারা মূর্তি, মুদ্রা, মেডেল প্রভৃতি প্রস্তুত করা হয়। এখনকার মূর্তি (Statue) প্রস্তুতে যে ব্রঞ্জ ব্যবহৃত হয় তাহার উপাদান একটু বিভিন্ন, যথা, কপার (90%), টিন (5%), জিঙ্ক (4%) এবং লেড (1%)।

(iii) **ঘণ্টা-ধাতু (Bell-metal)**—বাসন প্রস্তুতে, বিশেষতঃ থালা, গেলাস, ও বাটি প্রস্তুতে ইহার প্রচলন খুব বেশী। ইহার উপাদান কপার (80%), টিন (20%)।

(iv) জার্মান সিলভার (German silver)—এই সংকর ধাতুর উপাদান হইল—কপার (50%), জিঙ্ক (30%), নিকেল (20%)। ইহা উজ্জ্বল সাদা রং-এর। ইহা দ্বারা বাসন, ফুলদানি, গহনা প্রভৃতি তৈয়ারী হয়।

(v) মনেল ধাতু (Monel Metal)—এই সংকর ধাতুর উপাদান কপার (33%), নিকেল (60%), আয়রণ (7%)। ইহা সমুদ্রগামী জাহাজে পেঁচদার (turbine), পাম্প, বয়লার প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

কপারের যৌগ ঃ

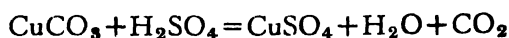
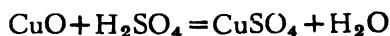
কপার সলফেট [Cupric Sulphate ($CuSO_4$, $5H_2O$)] :—

প্রস্তুতি ঃ—ইহা সাধারণতঃ তুঁতে নামে পরিচিত। পরীক্ষাগারে কপারের ছিবড়ার সহিত ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া কাচের ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিলে সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস পাওয়া যায় এবং ফ্লাস্কে কপার সলফেট পড়িয়া থাকে।

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

বিক্রিয়া শেষে ফ্লাস্কটি ঠাণ্ডা করিয়া অবশেষকে জলে ঢালিয়া দেওয়া হয় এবং তাহাতে যে দ্রবণ উৎপন্ন হয় তাহা ছাঁকিয়া লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কপার সলফেটের নীল কেলাস পাওয়া যায়। পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে কপার অক্সাইড, হাইড্রক্সাইড বা কার্বনেট যোগ করিলে উহারা দ্রবীভূত হইয়া কপার সলফেটের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

$$CuO+H_2SO_4=CuSO_4+H_2O$$

$$CuCO_3+H_2SO_4=CuSO_4+H_2O+CO_2$$

এইভাবে উৎপন্ন কপার সলফেটের দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া উত্তপ্ত করিলে উহা ঘনীভূত হয়। যথেষ্ট পরিমাণে উহা ঘনীভূত হইলে উহাকে শিখা হইতে সরাইয়া আনিয়া ঠাণ্ডা করিলে কপার সলফেটের নীল কেলাস পাওয়া যায়।

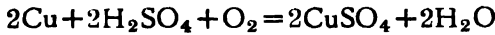
কপার সলফেটের পণ্য উৎপাদন দুইভাবে নিষ্পন্ন হইয়া থাকে।

(i) **বাজারের অব্যবহার্য** কপার হইতে কপার সলফেটের পণ্য-উৎপাদন নিম্নলিখিত উপায়ে নিষ্পন্ন হয়। অব্যবহার্য কপার একটি চুল্লীতে লোহিত তপ্ত করিয়া তাহার উপর সলফার একটু একটু করিয়া ছুঁড়িয়া দেওয়া হয়। তাহাতে কপার সলফাইড উৎপন্ন হয়। তাহার পর চুল্লীতে যথেষ্ট পরিমাণে বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়। তাহাতে কপার সলফাইড জারিত হইয়া কপার সলফেটে পরিণত হয়। তাহার পর উৎপন্ন কপার সলফেটকে চুল্লী হইতে নামাইয়া আনিয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং জল যোগ করিয়া উৎপন্ন কপার সলফেটকে দ্রবীভূত করা হয়। উৎপন্ন দ্রবণকে ছাঁকিয়া পরিষ্কার দ্রবণকে উত্তাপ প্রয়োগে যথেষ্ট পরিমাণে ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কপার সলফেটের কেলাস পাওয়া যায়।

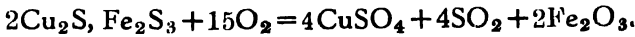
$$Cu+S=CuS\ ;\ CuS+2O_2=CuSO_4.$$

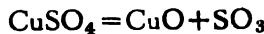
বর্তমানে একটি উচ্চ স্তম্ভের ভিতর অব্যবহার্য কপার রাখিয়া স্তম্ভের উপর হইতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উক্ত কপারের উপর দিয়া আস্তে আস্তে

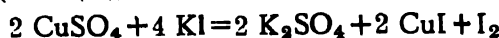
প্রবাহিত করা হয় এবং স্তম্ভের নীচে হইতে বায়ুপ্রবাহ উহার ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। ইহাতে কপার সলফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া কপার সলফেটের দ্রবণ উৎপন্ন করে এবং উহা স্তম্ভের নীচে অবস্থিত ট্যাঙ্কে জমা হয়।

$$2Cu+2H_2SO_4+O_2=2CuSO_4+2H_2O$$

এই দ্রবণ তুলিয়া আনিয়া ছাঁকিয়া উত্তাপ প্রয়োগে ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে কপার সলফেটের কেলাস পাওয়া যায়।

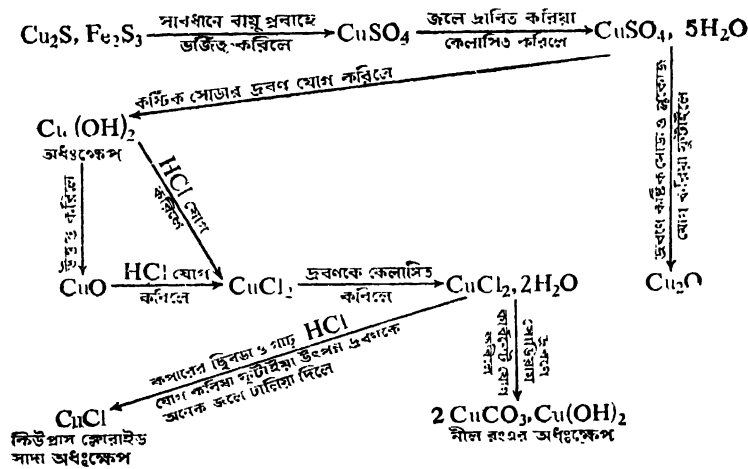
(ii) কপার পাইরাইটিস (Copper pyrites, Cu_2S, Fe_2S_3) নামক খনিজ হইতেও কপার সলফেটের পণ্য-উৎপাদন সংসাধিত হয়। এই পদ্ধতিতে উক্ত আকরিককে উষ্ণতা এমনভাবে স্থির রাখিয়া বায়ু-প্রবাহে সাবধানে ভর্জিত করা হয় যাহাতে বেশীর ভাগ আয়রণই উহার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং কপার সলফাইড জারিত হইয়া কপার সলফেটে পরিণত হয়। ভর্জিত দ্রব্যকে ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে জল যোগ করা হয়। উৎপন্ন কপার সলফেট দ্রাবিত হয়, কিন্তু আয়রণ অক্সাইড ও সামান্য কপার অক্সাইড অদ্রাবিত অবস্থায় পড়িয়া থাকে। দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে ঘনীভূত করা হয় এবং যথেষ্ট ঘনীভূত হইলে ঠাণ্ডা করিয়া কপার সলফেটের কেলাস উৎপাদন করা হয়।

$$2Cu_2S, Fe_2S_3+15O_2=4CuSO_4+4SO_2+2Fe_2O_3.$$

কপার সলফেটের ধর্ম :—কেলাসিত কপার সলফেটকে নীল ভিট্রিয়ল (Blue vitriol) বলে। ইহা নীল রংএর কেলাসিত লবণ; ইহা জলে দ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহলে অদ্রাব্য। 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহার চার অণু কেলাস জল উপিয়া যায় এবং উহা ফিকে নীল রংএর মনোহাইড্রেট, $CuSO_4, H_2O$ গঠন করে। 240° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা একেবারে অনার্দ্র লবণে ($CuSO_4$-এ) পরিণত হয় এবং তখন ইহার রং সাদা হয়। সাদা অনার্দ্র কপার সলফেট সহজেই জল শোষণ করিয়া নীল রংএর তুঁতে উৎপন্ন করে। সেইজন্য অনার্দ্র কপার সলফেট জৈব তরল পদার্থ (যথা, অ্যালকোহল) একেবারে জলশূন্য হইয়াছে কিনা পরীক্ষা করিবার জন্য ব্যবহৃত হয়। 750° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা বিশ্লিষ্ট হইয়া কালো কঠিন কপার অক্সাইড দেয় ও সলফার ট্রাই-অক্সাইড গ্যাসরূপে বাহির হইয়া যায়।

$$CuSO_4=CuO+SO_3$$

ইহার দ্রবণ পটাসিয়াম আয়োডাইডের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রাস আয়োডাইড ও আয়োডিন উৎপন্ন করে।

$$2\,CuSO_4+4\,KI=2\,K_2SO_4+2\,CuI+I_2$$

উৎপন্ন আয়োডিনকে সোডিয়াম থায়োসলফেটের প্রমাণ দ্রবণ দ্বারা ষ্টার্চের উপস্থিতিতে পরিমাপ (titrate) করিলে দ্রবণে কপারের পরিমাণ স্থির করা যায়।

কপার সলফেটের ব্যবহার :—ইহা তড়িৎ-লেপনে (electro-plating); তড়িৎ-ছাঁচ প্রস্তুতে কতকগুলি তড়িৎ-কোষে (electric cells), রঞ্জনশিল্পে ও জীবাণু-নাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। কপার সলফেটের সহিত কলিচুন মিশাইয়া যে মিশ্রণ উৎপন্ন হয় তাহাকে বোর্ডো মিশ্রণ (Bordeaux mixture) বলে। এই মিশ্রণ জলের সহিত মিশাইয়া ফলগাছে ছিটাইয়া দিলে ইহা ফলগাছধ্বংসকারী জীবাণু নাশ করিয়া থাকে।

কপারের প্রাকৃতিক যৌগ হইতে কপারের বিভিন্ন যৌগ উৎপাদন :—

চিত্র নং—41

(ঙ) জিঙ্ক (Zinc)

সংকেত Zn, পারমাণবিক ওজন 65'5, যোজ্যতা 2

আপেক্ষিক গুরুত্ব 6'9, গলনাঙ্ক 419°'4 সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক 920° সেন্টিগ্রেড

জিঙ্কের খনিজ : —জিঙ্ককে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। জিঙ্কের নিম্নলিখিত খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য :—

(i) জিঙ্কাইট বা রেড জিঙ্ক আকরিক (Zincite or Red Zinc ore)—ZnO.

(ii) ফ্র্যাঙ্কলিনাইট (Franklinite)—ZnO, Fe_2O_3

(iii) জিঙ্ক ব্লেণ্ড (Zinc blende or black-jack)—ZnS

(iv) ক্যালামাইন (Calamine or Smithsonite)—$ZnCO_3$

দ্রষ্টব্য : জিঙ্ক সিলিকেট যাহা প্রাকৃতিক খনিজে পাওয়া যায় তাহাকে ইলেকট্রিক ক্যালামাইন (electric calamine) বলে।

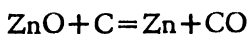
সাপের বিষে জিঙ্কের অস্তিত্ব প্রমাণিত হইয়াছে।

জিঙ্ককে বাংলায় দস্তা বলে। জিঙ্ক ব্লেণ্ড ভারতের বিহারে, যুক্তপ্রদেশে, পাঞ্জাবে, কাশ্মীরে, রাজপুতানায় ও মাদ্রাজে পাওয়া যায়।

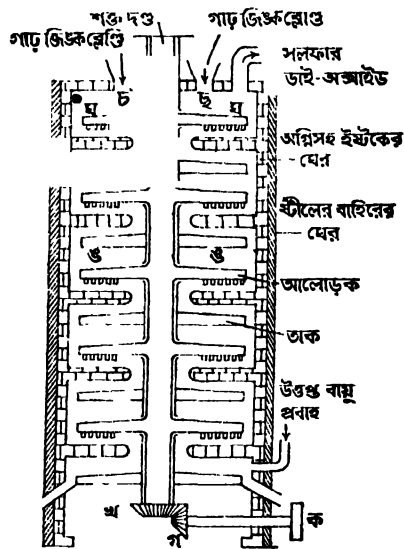
নিষ্কাশন পদ্ধতি :—জিঙ্কের সলফাইড আকরিক জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতেই সমগ্র পৃথিবীর চাহিদা মিটাইবার মত জিঙ্ক নিষ্কাশন করা হয়। সামান্য পরিমাণ জিঙ্ক স্মিথ্‌সোনাইট ($ZnCO_3$) হইতে নিষ্কাশন করা হইয়া থাকে।

কার্বন বিজারণ পদ্ধতি :—সলফাইড আকরিককে ঠিকমত ভর্জিত (roasting) করিলে জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া যায়। স্মিথসোনাইটকে ভস্মীকরণ (calcination) দ্বারা অক্সাইডে পরিবর্তিত করা হয়। এইভাবে উৎপাদিত অক্সাইডকে কার্বন দিয়া বিজারিত করিলে জিঙ্ক ধাতু পাওয়া যায়।

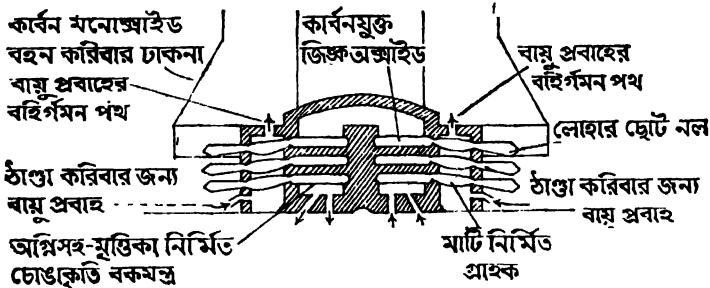
$$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2 \; ; \; ZnCO_3 = ZnO + CO_2$$

$$ZnO + C = Zn + CO$$

এই পদ্ধতির প্রয়োগের সময় চারিটি প্রক্রিয়া অবলম্বন করা হয়।

(i) প্রথমতঃ আকরিককে গাঢ়ীকরণ (concentration) প্রক্রিয়া প্রয়োগে উহাতে জিঙ্কের পরিমাণ বৃদ্ধি করা হয়। এই গাঢ়ীকরণ প্রক্রিয়া কেবলমাত্র সলফাইড আকরিকে (জিঙ্ক ব্লেণ্ডে) প্রযোজ্য। জিঙ্ক ব্লেণ্ডে বালি, গ্যালেনা (PbS) প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। অশুদ্ধিগুলি হইতে তৈলভাসন পদ্ধতিতে (oil-floatation process) জিঙ্ক ব্লেণ্ডকে পৃথক করা হয়। আকরিককে চূর্ণ করিয়া একটি ট্যাঙ্কের জলের ভিতর ছাড়িয়া দেওয়া হয় এবং জলে পাইন তৈল (pine oil), অ্যাসিড এবং সোডিয়াম জ্যানথেট যোগ করিয়া জলে ডোবান সরু নলের ভিতর দিয়া বায়ু-প্রবাহ চালনা করিয়া আলোড়িত করা হয়। ইহার ফলে তৈল ও জল মিশ্রিত হইয়া তাহার উপর প্রচুর ফেনা উৎপন্ন হয় এবং জিঙ্ক সলফাইড ফেনার সহিত ভাসিতে থাকে, কিন্তু বালি, মাটি ও অন্য ধাতব সিলিকেট-জাতীয় পদার্থগুলি জলে ভিজিয়া ভারী হইয়া নীচে থিতাইয়া পড়ে। উপরের জিঙ্ক সলফাইডযুক্ত ফেনা সংগ্রহ করিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়।

(ii) গাঢ়ীকৃত জিঙ্ক সলফাইডকে দ্বিতীয় দফায় ভর্জিত করিয়া জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। এই ভর্জন প্রক্রিয়া অতি সাবধানে নিষ্পন্ন করিতে হয়, যাহাতে: জিঙ্ক সলফাইড পুরাপুরিভাবে অক্সাইডে পরিণত হয় এবং একটুও জিঙ্ক সলফেটে পরিবর্তিত না হয়, কারণ তাহা হইলে কার্বন দিয়া বিজারণ করিবার সময় তাহা আবার সলফাইডে পরিণত হইবে এবং কোন জিঙ্ক তাহা হইতে পাওয়া যাইবে না। এই ভর্জন প্রক্রিয়া বহু-বক্ষ-সমন্বিত (multiple hearth) চুল্লীতে উত্তপ্ত বায়ুস্রোতে অতি উচ্চ উষ্ণতায় সম্পাদিত করা হয়। সংযুক্ত ছবিতে দেখান হেরেসফ্ (Herreshoff rotary furnace) চুল্লীতে এই প্রক্রিয়া নিষ্পন্ন করা হয়। চুল্লীটি গোলাকৃতিবিশিষ্ট এবং খুব উঁচু। ইহার বহির্ভাগ ইস্পাত দিয়া নির্মিত এবং ভিতরের অংশ অগ্নিসহ ইষ্টক দ্বারা আবৃত থাকে। ইহার ভিতর অনেকগুলি অগ্নিসহ ইষ্টকের নির্মিত তাক (shelves) থাকে। চুল্লীর উপর অবস্থিত "চ" এবং "ছ" দুইটি প্রবেশ দ্বার দিয়া গাঢ় জিঙ্ক ব্লেণ্ড চুল্লীর ভিতরে ঢালিয়া দেওয়া হয়। চুল্লীর মধ্যস্থলে অবস্থিত একটি শক্ত দণ্ড (Stout rod) হইতে অনেকগুলি আলোড়ক "ঘ" (Stirrer) বাহির হইয়া থাকে। চুল্লীর নীচে অবস্থিত হাতল "ক" ঘুরাইয়া "খ" ও "গ" চাকার সাহায্যে শক্ত দণ্ডটিকে আস্তে আস্তে ঘোরান হয়। ইহার ফলে আলোড়কগুলি ঘূর্ণিত হইয়া বিভিন্ন তাকের জিঙ্ক সলফাইডকে ধীরে ধীরে উপর হইতে নীচের দিকে নামাইয়া দেয়। চুল্লীর নিম্নে অবস্থিত একটি নলের সাহায্যে উত্তপ্ত বায়ুস্রোত চুল্লীর ভিতরে প্রবেশ করানো হয়। চুল্লীর উপরে অবস্থিত একটি নির্গমনল দিয়া উৎপন্ন সলফার ডাই-অক্সাইড বাহির হইয়া যায় এবং উহা সংগ্রহ করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, চুল্লীর উষ্ণতা এরূপভাবে নিয়ন্ত্রিত করা প্রয়োজন যাহাতে

চিত্র নং—42

কোন জিঙ্ক সলফেট $ZnS+2O_2=ZnSO_4$ এই বিক্রিয়া অনুসারে উৎপন্ন না হয়। সেইজন্য উষ্ণতা প্রায় 850°—900° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। তাহাতে কেবল জিঙ্ক অক্সাইড উৎপন্ন হয় $2ZnS+3O_2=2ZnO+2SO_2$।

(iii) উৎপন্ন জিঙ্ক অক্সাইডকে তাহার ওজনের এক পঞ্চমাংশ ($\frac{1}{5}$th) ওজন-বিশিষ্ট কোকের গুঁড়ার সহিত মিশ্রিত করিয়া অগ্নিসহ মৃত্তিকা (fire-clay) নির্মিত বহু চোঙ্গাকৃতি-বিশিষ্ট বকযন্ত্রে ভর্তি করা হয়। এক একটি বকযন্ত্রে প্রায়

চিত্র নং—43

40 পাউণ্ড মিশ্রণ ধরে। বকযন্ত্রের একমুখ বন্ধ থাকে। এই বকযন্ত্রগুলি এক একটি চুল্লীতে উপর হইতে নীচে তিন সারি করিয়া এমনভাবে সাজাইয়া দেওয়া হয় যে, প্রত্যেক বকযন্ত্রের খোলা মুখ নীচের দিকে একটু কাত হইয়া থাকে। প্রত্যেক বকযন্ত্রের খোলা মুখে একটি করিয়া মাটির শঙ্কু-আকৃতির (conical) নল জোড়া থাকে। এই নলগুলিতে জিঙ্কের বাষ্প জমিয়া যায়। তাই ইহারা জিঙ্ক বাষ্পের **শীতকের** (condenser) এবং **গ্রাহকের** (receiver) কার্য করে। এই মাটির নলের শেষে একটি করিয়া লৌহের তৈয়ারী ছোট নল (ইহাকে prolong বলে) জুড়িয়া দেওয়া থাকে। ইহাতেও জিঙ্কের বাষ্প জমা হয়। সমস্ত চুল্লীটি ঢাকা দেওয়া থাকে এবং গ্যাসীয় জ্বালানির (gaseous fuel) সাহায্যে নীচে হইতে বকযন্ত্রগুলিকে 1350° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপে জিঙ্ক অক্সাইড কার্বন দ্বারা বিজারিত হয় এবং জিঙ্কের বাষ্প (জিঙ্কের স্ফুটনাঙ্ক 920° সেন্টিগ্রেড) ও কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় $ZnO+C=Zn+CO$। জিঙ্কের বাষ্প গ্রাহকে (শীতকে) জমা হয় এবং কার্বন-মনোক্সাইড গ্যাস লৌহের নলের মুখে আসিয়া ঈষৎ নীলাভ শিখাসহ জ্বলিতে থাকে। জিঙ্কের

বাষ্পের কিছুটা গ্রাহকের উত্তাপ ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে তরল জিঙ্কে পরিণত হয় এবং কিছু অংশ জিঙ্ক অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় কঠিন জিঙ্ক-ধূলা বা দস্তারজঃ-রূপে (zinc dust) গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। বিজারণ ক্রিয়া শেষ হইলে নীল শিখা থাকে না, উচ্চ উষ্ণতায় জিঙ্কের বাষ্প বাহিরের দিকে আসিয়া সাদা শিখাসহ জ্বলিতে আরম্ভ করে। তখন বুঝিতে পারা যায় যে বিক্রিয়া শেষ হইয়াছে। ইহার ভিতর মাঝে মাঝে গলিত জিঙ্ক হাতা দিয়া সরাইয়া শীতল করিয়া ছাঁচে (ingot) ঢালা হয়। ইহাকে বাজারের জিঙ্ক অথবা স্পেল্টার (Spelter) বলে। পাতিত জিঙ্কের প্রথম দিকে জিঙ্কের আকরিকে বর্তমান ক্যাডমিয়াম বেশী উদ্বায়ী বলিয়া পাতিত হইয়া আসিয়া উহার সহিত জমা হয়। এই স্পেল্টারে জিঙ্ক অক্সাইডও মিশ্রিত থাকে :

দ্রষ্টব্য :—$ZnO + C = Zn + CO$. এই সমীকরণটি হইতে জানা যায় যে জিঙ্ক অক্সাইডকে বিজারিত করিতে উহার ওজনের এক সপ্তমাংশ ($\frac{1}{7}$th) হইতে একটু বেশী কার্বন বা কোকের গুঁড়া যোগ করিলেই বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন হইতে পারে. কিন্তু তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী কার্বন কোকের গুঁড়া হিসাবে যোগ করা হয়। আবার, জিঙ্কের স্ফুটনাঙ্ক, 920° সেন্টিগ্রেড, কিন্তু বিজারণ প্রক্রিয়াটি প্রায় 1400° সেন্টিগ্রেডে নিষ্পন্ন করা হয়। এই দুইটি বিষয়ের একই কারণ। জিঙ্ক বিজারিত হইবার সময় যাহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন না হয় সে বিষয়ের ব্যবস্থা করার জন্যই এই বেশী মাত্রায় কার্বন ব্যবহার করা. কারণ কার্বন ডাই-অক্সাইড উচ্চ উষ্ণতায় উৎপন্ন জিঙ্ককে সহজেই জারিত করে ; $Zn + CO_2 = ZnO + CO$। উচ্চ উষ্ণতায় যদিও কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়, তাহা অতিরিক্ত কার্বনের সহিত চুল্লীর উষ্ণতায় কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয় : $CO_2 + C = 2CO$. এই প্রক্রিয়াটি বিশেষভাবে তাপশোষক, তাই জিঙ্কের গলনাঙ্কের উপরে অনেকখানি বকযন্ত্রগুলির উষ্ণতা তোলা প্রয়োজন হয়।

বিশুদ্ধ জিঙ্ক :—বাজারের জিঙ্কে (স্পেল্টারে) আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম, আর্সেনিক, ক্যাডমিয়াম, অ্যান্টিমনি প্রভৃতি অশুদ্ধি দেখিতে পাওয়া যায়। উহাদের পরিমাণ শতকরা 1—3 ভাগ। পটাসিয়াম নাইট্রেটের সহিত এই অশুদ্ধ জিঙ্ক গলাইলে (fusion with nitre) আর্সেনিক এবং কিছুটা আয়রণ অপসারিত হয়। কিন্তু বিশুদ্ধ জিঙ্ক পাইতে হইলে অ্যাসিডযুক্ত জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণের উচ্চতড়িৎ-প্রবাহ দ্বারা (high current density) তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিতে হয়। জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণ অতি বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন ; তড়িৎ-বিশ্লেষণে লেডের অ্যানোড এবং অ্যালুমিনিয়াম ক্যাথোড ব্যবহার করা হয়। অ্যালুমিনিয়ামের ক্যাথোডে জিঙ্কের আস্তরণ পড়ে এবং পরে ক্যাথোড হইতে জিঙ্কের প্রলেপ খুলিয়া লওয়া হয়।

জিঙ্ক-উৎপাদনের আধুনিক তড়িৎ-বিশ্লেষণ পদ্ধতি :—এই পদ্ধতি প্রয়োগে

বর্তমানে আমেরিকার নিউ জার্সিতে (New Jersy) জিঙ্ক ব্লেণ্ড হইতে জিঙ্ক উৎপাদিত হয়। ঘনীকৃত জিঙ্ক ব্লেণ্ডকে 650° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় ভর্জিত করিয়া জিঙ্ক সলফেট এবং জিঙ্ক অক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন করা হয়। পরে ঠাণ্ডা করিয়া ইহা পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে এবং ব্যবহৃত জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণ সংযোগে দ্রবীভূত করিয়া জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণে পরিণত করা হয়। এই দ্রবণে নানাপ্রকার অশুদ্ধি আকরিক হইতে আসিয়া থাকে। প্রথমে উৎপন্ন দ্রবণে চূনগোলা (milk of lime) যোগ করিলে আয়রণ, অ্যালুমিনিয়াম, আর্সেনিক, অ্যাণ্টিমনি এবং সিলিকা অধঃক্ষিপ্ত হয়, পরে জিঙ্ক ধূলা (zinc dust) যোগ করিয়া কপার ও ক্যাডমিয়াম সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়। কোবাল্ট এবং নিকেল জৈব বিকারক সাহায্যে অধঃক্ষিপ্ত করিয়া অপসারিত করা হয়। অধঃক্ষেপগুলি ছাঁকিয়া দূরীভূত করিলে বিশুদ্ধ জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণে একটু সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া অদ্রাব্য অ্যানোড এবং বিশুদ্ধ জিঙ্কের ক্যাথোড ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ করিলে শতকরা 99·95 ভাগ বিশুদ্ধ জিঙ্ক পাওয়া যায়।

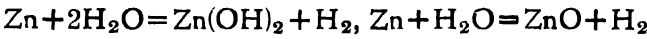
দ্রষ্টব্য :—এমন কি শতকরা 99·9 ভাগ বিশুদ্ধ জিঙ্কও অতি উচ্চ ধরণের ঋতু পরিবর্তনে অভঙ্গুর (free from season-cracking) ব্রাস্ বা পিতল কাঁসা তৈয়ারী করার পক্ষে সুষ্ঠু নয়। তাই শতকরা 99·99 ভাগ বিশুদ্ধ জিঙ্ক (যাহাকে "crown special" বলা হয়) তাহা আংশিক পাতন দ্বারা (by fractional distillation) ব্রিষ্টলের (Bristol, England) নিকট অ্যাভনমাউথে তৈয়ারী করা হয়। গলিত জিঙ্ক একটি স্তম্ভে জিঙ্কের স্ফুটনাঙ্কের উপর উচ্চ উষ্ণতায় যোগ করা হয়। ইহাতে বেশীর ভাগ জিঙ্ক এবং ক্যাডমিয়াম বাষ্পীভূত হইয়া আসে এবং ঠাণ্ডা করিয়া উহাদের সংগ্রহ করা হয়। আয়রণ এবং লেড স্তম্ভের নিম্নে যে জিঙ্কটুকু সঞ্চিত হয় তাহার সহিত থাকে এবং সেখান হইতে উহা অপসারিত করা হয়। উৎপন্ন জিঙ্ক ও ক্যাডমিয়ামের মিশ্রণকে আর একটি উচ্চ উষ্ণতায় রক্ষিত দ্বিতীয় স্তম্ভে যোগ করা হয়। তাহাতে ক্যাডমিয়াম পাতিত হয় এবং অতি বিশুদ্ধ জিঙ্ক স্তম্ভের নিম্নপ্রদেশ হইতে সংগ্রহ করা হয়।

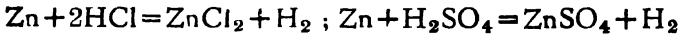
জিঙ্কের ধর্ম :—ভৌত ধর্ম :—জিঙ্ক নীল আভাবিশিষ্ট সাদা স্ফটিকাকৃতি ধাতু। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·14, গলনাঙ্ক 419°·4 সেণ্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 920° সেণ্টিগ্রেড। ইহার বাষ্পে জিঙ্ক পরমাণুরূপে বর্তমান দেখা যায়। সাধারণ উষ্ণতায় জিঙ্ক ভঙ্গুর (brittle) হয়। জিঙ্ক মধ্যমপ্রকার শক্ত ধাতু ; ইহা 100°—150° সেণ্টিগ্রেডের ভিতর নরম এবং নমনীয় হয় এবং এই অবস্থায় ইহাকে তার ও পাতে পরিণত করা যায়। 205° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা আবার ভঙ্গুর হয় এবং তখন ইহাকে খলে চূর্ণ করা যায়।

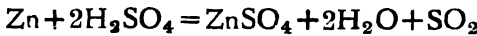
রাসায়নিক ধর্ম :—বায়ুর ক্রিয়া :—শুষ্ক বায়ুর জিঙ্কের উপর কোন ক্রিয়া

নাই। আর্দ্র বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে জিঙ্কের উপর একটি সাদা ক্ষারকীয় কার্বনেটের আস্তরণ পড়ে। বায়ু বা অক্সিজেনের সংস্পর্শে জিঙ্ককে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ইহা সবুজ আভাযুক্ত সাদা (greenish white) শিখার সহিত জ্বলে এবং তাহার ফলে জিঙ্ক অক্সাইডের সাদা ধোঁয়া উত্থিত হয়। ইহাকে "দার্শনিকের উল" (Philsopher's wool) বলে।

জলের ক্রিয়া : বিশুদ্ধ জিঙ্কের উপর কোনি অবস্থাতেই জলের কোন ক্রিয়া নাই। ফুটন্ত জল বাজারের অশুদ্ধ জিঙ্ক অথবা জিঙ্ক-কপার যুক্তধাতু (zinc copper couple) দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং তখন জিঙ্ক হাইড্রক্সাইড বা জিঙ্ক অক্সাইড পাওয়া যায়।

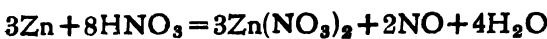
$$Zn+2H_2O=Zn(OH)_2+H_2,\ Zn+H_2O=ZnO+H_2$$

অ্যাসিডের ক্রিয়া :—বিশুদ্ধ জিঙ্ক বিশুদ্ধ পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় যোগদান করে না, কারণ জিঙ্কের উপর প্রথমে উদ্ভূত হাইড্রোজেনের একটি স্তরেব সৃষ্টি হয় এবং অ্যাসিডের ক্রিয়া বন্ধ হইয়া যায়। বাজারের অশুদ্ধ জিঙ্ক পাতলা হাইড্রোক্লোরিক বা পাতলা সলফিউবিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় :

$$Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2\ ;\ Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্ককে উত্তপ্ত করিলে সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং জিঙ্ক সলফেট পাওয়া যায়।

$$Zn+2H_2SO_4=ZnSO_4+2H_2O+SO_2$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ায় অ্যাসিডের গাঢ়তা এবং উষ্ণতা অনুসারে বিভিন্ন গ্যাস উৎপন্ন হয়। যেমন, ঠাণ্ডা এবং অতি পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত জিঙ্কের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন করে, তাই কোন গ্যাস বাহিরে আসে না।

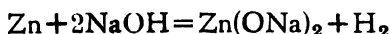
$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$$

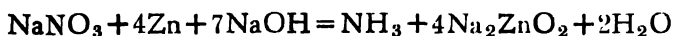
মধ্যমরকম পাতলা ও ঠাণ্ডা নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জিঙ্ক নাইট্রেট ও নাইট্রিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$3Zn+8HNO_3=3Zn(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

উষ্ণ ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ক্রিয়া করার ফলে জিঙ্ক নাইট্রেট ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

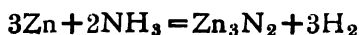
$$Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+2H_2O+2NO_2$$

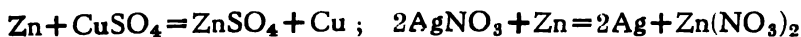
ক্ষারের ক্রিয়া :—জিঙ্কের সহিত কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাসের দ্রবণ উত্তপ্ত করিলে জিঙ্ক দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস বাহির হইয়া আসে ও সোডিয়াম বা পটাসিয়াম জিঙ্কেট উদ্ভূত হয়।

$$Zn+2NaOH=Zn(ONa)_2+H_2$$

এইভাবে হাইড্রোজেন দেয় বলিয়া নাইট্রেটের সহিত জিঙ্কের গুঁড়া ও কষ্টিক সোডা মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অ্যামোনিয়ার গন্ধ পাওয়া যায়; নাইট্রেটের বিজারণের ফলে এখানে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_3+4Zn+7NaOH=NH_3+4Na_2ZnO_2+2H_2O$$

ক্লোরিণ গ্যাসের সংস্পর্শে জিঙ্ককে উত্তপ্ত করিলে উহা জিঙ্ক ক্লোরাইডে পরিণত হয়। $Zn+Cl_2=ZnCl_2$

জিঙ্ককে অ্যামোনিয়া গ্যাসে গরম করিলে জিঙ্ক নাইট্রাইড গঠিত হয়।

$$3Zn+2NH_3=Zn_3N_2+3H_2$$

কপার সলফেটের বা লেড, গোল্ড এবং সিলভারের লবণের দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করিলে উক্ত ধাতুগুলি অধঃক্ষিপ্ত হয়।

$$Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu\ ;\quad 2AgNO_3+Zn=2Ag+Zn(NO_3)_2$$

জিঙ্কের ব্যবহার :—বিভিন্ন বৈদ্যুতিক কোষে এবং ব্যাটারীতে জিঙ্ক ব্যবহৃত হইয়া থাকে; পরীক্ষাগারের কিছু যন্ত্রপাতি উৎপাদনেও ইহার ব্যবহার দেখা যায়; যেমন গ্যাসদ্রোণী (pneumatic trough) প্রস্তুতে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। লোহার মরিচা-ধরা বন্ধ করিতে লোহার উপর জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া হয়। এই জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া তিন প্রকারে নিষ্পন্ন করা হয়: (1) লোহের দ্রব্যকে বালির স্রোতে (sand blast) উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া (pickling) তাহার উপরের অক্সাইডের আস্তরণ একেবারে তাড়াইয়া দেওয়া হয়। পরে সামান্য বিগালক অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত করিয়া গলিত জিঙ্কের গাহে ডুবাইলে লৌহের উপর জিঙ্কের আস্তরণ পড়ে। এইরূপে জিঙ্কের প্রলেপ লৌহের দ্রব্যে দেওয়ার প্রণালীকে **জিঙ্ক প্রলেপন** (galvanisation) বলে। এই উপায়ে সাধারণতঃ করোগেটেড (ঢেউতোলা, corrugated) টিন, বালতি,

কৌটা ইত্যাদি লৌহের দ্রব্যের উপর জিঙ্ক-প্রলেপন প্রয়োগে উৎপন্ন করা হয়। (ii) ছোট ছোট লৌহ-নির্মিত দ্রব্যে, যেমন বল্ট্, স্ক্রু, কব্জা প্রভৃতিতে জিঙ্কের আস্তরণ দেওয়ার জন্য তাহাদিগকে দস্তারজঃ (জিঙ্ক ও জিঙ্ক অক্সাইডের মিশ্রণ) মিশ্রিত করিয়া ড্রামের ভিতর রাখিয়া উপযুক্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহার ফলে লৌহের দ্রব্যগুলির উপর জিঙ্কের একটি দৃঢ় আবরণ (জিঙ্ক ও লৌহের সংকর উৎপন্ন হওয়ায়) গঠিত হয়। এই পদ্ধতির নাম "Sherardisation"। (iii) লৌহের দ্রব্যের উপর তড়িৎলেপন পদ্ধতিতে লৌহদ্রব্যকে জিঙ্ক সলফেটের দ্রবণে ক্যাথোড করিয়া এবং জিঙ্কের পুরু পাতকে অ্যানোড করিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিয়া জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া হয়।

ইহা ছাড়া জিঙ্ক হোয়াইট নামক সাদা রংএর গুঁড়া (zinc white, ZnO, a white pigment) উৎপাদনে, বহু জিঙ্ক সংকর (zinc alloy), যথা, পিতল জার্মান-সিলভার, ব্রোঞ্জ ইত্যাদি প্রস্তুতে, পার্কস্ পদ্ধতিতে লেড হইতে সিলভার বাহির করিয়া আনিতে, সায়ানাইড পদ্ধতিতে গোল্ড ও সিলভার নিষ্কাশনে জিঙ্ক ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

জিঙ্ক-ধূলা (zinc-dust) জিঙ্ক অক্সাইড ও জিঙ্কের মিশ্রণ। ইহা জিঙ্ক নিষ্কাশনের সময় শীতকে জমা হয় এবং সেখান হইতে সংগৃহীত হয়। আবার গলিত জিঙ্কের ভিতর দিয়া উচ্চ চাপে বায়ু প্রবাহিত করিলে জিঙ্ক-ধূলা পাওয়া যায়।

গলিত জিঙ্ককে সরু সূতার আকারে শীতল জলে ঢালিয়া জিঙ্কের ছিবড়া (granulated zinc) উৎপন্ন করা হয়। জিঙ্ক-ধূলা বা জিঙ্কের ছিবড়া বিজারক হিসাবে অনেকক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

জিঙ্ক-প্রলেপন (Galvanising) **ও টিন-প্রলেপনের** (Tinning) **ভিতর প্রভেদ** :—লৌহের দ্রব্যকে আর্দ্র বায়ুতে ফেলিয়া রাখার ফলে তাহার উপর মরিচা ধরে অথবা সোদক আয়রণ অক্সাইডের আস্তরণ পড়িয়া লৌহ নষ্ট হইয়া যায়। এই মরিচা ধরা বন্ধ করিতে লৌহের দ্রব্যের উপর জিঙ্কের প্রলেপ দেওয়া হয়। তাহার বিভিন্ন প্রণালী পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। সেইরূপ সময় সময় লৌহের দ্রব্যের উপর টিনের প্রলেপ দিয়াও মরিচা ধরা নিবারণ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ ক্যানেস্তারা টিনের (tin cannister) কথা উল্লেখ করা যাইতে পারে; উহাতে করিয়া বাজারে কেরোসিন তৈল বিক্রয় হয়। সাধারণতঃ টিনের প্রলেপ দিতে

হইলে ধাতুনির্মিত (কপার, আয়রণ, ব্রাস্ প্রভৃতি) দ্রব্যকে উত্তপ্ত করিয়া গলিত **টিন** গাহে ডুবাইয়া তুলিয়া আনা হয়। আবার ধাতু নির্মিত দ্রব্যের উপরতল অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও গলিত **টিন** দিয়া মাজিলে উহাদের উপর **টিনের** প্রলেপ উৎপন্ন হয়। ষ্টীলের দ্রব্যকে প্রথমে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া ধুইয়া ফেলিয়া গলিত জিঙ্ক ক্লোরাইডযুক্ত গলিত **টিন**গাহে ডুবাইয়া তুলিয়া আনিয়া নারিকেল তৈলের গাহে ডোবান হয়৭

(i) লৌহকে মরিচা ধরা হইতে রক্ষা করিতে জিঙ্ক অপেক্ষা **টিন** অধিক সমর্থ। ইহার কারণ **টিনের** উপর বায়ুর বা জলের কোনই ক্রিয়া নাই। জিঙ্কের উপর কিন্তু আর্দ্র বায়ু ক্ষারকীয় অক্সাইডের স্তর গঠন করে।

জিঙ্কের প্রাকৃতিক যোগ হইতে জিঙ্কের বিভিন্ন যোগ প্রস্তুতের ছক :—

চিত্র নং—44

(ii) কিন্তু **টিন**-প্রলেপিত (tinned) লৌহের দ্রব্যে কোথাও যদি একটু **টিনে** চির খায় (Scratch mark) তবে **টিনের** প্রলেপযুক্ত লৌহে খুব তাড়াতাড়ি মরিচা ধরে এবং দ্রব্যের সমস্ত অংশে মরিচা ব্যাপ্ত হইয়া যায়। ইহার কারণ তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে লৌহের স্থান **টিনের** উপরে এবং **টিনের** অপেক্ষা আয়রণ বেশী ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত। যখন **টিনের** প্রলেপ ভাঙ্গিয়া যায় তখন একটি ক্ষুদ্র তড়িৎ কোষের সৃষ্টি হয়, কারণ দুইটি বিভিন্ন ধাতু অক্সিজেনযুক্ত জলের সংস্পর্শে আসে

এবং ইহাতে লৌহ দ্রুত দ্রবীভূত হয়। ইহার জন্য টিনের প্রলেপ না থাকিলে লৌহে যত শীঘ্র মরিচা পড়িত তাহা অপেক্ষা অনেক দ্রুততর ভাবে লৌহে মরিচা পড়ে। অপর দিকে তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে জিঙ্ক লৌহের উপরে অবস্থিত এবং তাই জিঙ্ক আয়রণ অপেক্ষা বেশী ধনাত্মক তড়িতাধানযুক্ত। তাই জিঙ্ক-প্রলেপযুক্ত লৌহের দ্রব্যের উপর হইতে কোথাও যদি জিঙ্ক সামান্য অপসারিত হইয়া পড়ে, তাহা হইলে জিঙ্কই দ্রবীভূত হইতে থাকে, লৌহের উপর অক্সিজেনযুক্ত জলের বিক্রিয়া সামান্যই হয়। তাই যদিও একটু মরিচা দেখা দেয় তাহা অনাবৃত স্থানেই সীমাবদ্ধ থাকে, সমস্ত দ্রব্যের উপর তাহা ছড়াইয়া পড়ে না।

(চ) অ্যালুমিনিয়াম (Aluminium)

সংকেত Al, পারমাণবিক ওজন 27, যোজ্যতা 3

আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·7, গলনাঙ্ক 659° সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক 2200° সেন্টিগ্রেডের উপর

অবস্থান :—প্রকৃতিতে মৌলাবস্থায় অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায় না। কিন্তু ইহার নানাপ্রকার যৌগ পৃথিবীতে প্রচুর পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। ভূ-ত্বকের ওজনের শতকরা 7·3 ভাগ অ্যালুমিনিয়াম, বস্তুতঃ সমস্ত ধাতুর ভিতর ভূ-ত্বকে অ্যালুমিনিয়ামের পরিমাণই সর্বাপেক্ষা বেশী। পৃথিবীর অধিকাংশ অ্যালুমিনিয়ামই ইহার সিলিকেটরূপে প্রকৃতিতে দেখিতে পাওয়া যায় এবং উহা হইতে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদন খুবই কষ্টসাধ্য এবং প্রচুর ব্যায়-সাপেক্ষ।

অ্যালুমিনিয়ামের নিম্নলিখিত খনিজগুলি উল্লেখযোগ্য :—

(i) কোরানডাম, রুবি, সাফায়ার (Corundum, ruby, sapphire)—Al_2O_3। বাংলায় কুরুবিন্দ, চুনী (লাল পাথর), নীলা (নীল পাথর) নামে ইহারা অভিহিত হয়।

(ii) ডায়াস্পোর (Diaspore), Al_2O_3, H_2O
বক্সাইট (Bauxite), Al_2O_3, $2H_2O$
গিব্‌সাইট (Gibbsite), Al_2O_3, $3H_2O$

(iii) ফেলস্পার বা অর্থোক্লেজ (Felspar or Orthoclase)
K_2O, Al_2O_3, $6SiO_2$। ইহা হইতে জলবায়ুর প্রভাবে উৎপন্ন কেওলিন বা চায়না ক্লে (Kaolin or China Clay), Al_2O_3, $2SiO_2$, $2H_2O$

(vi) ক্রায়োলাইট (Cryolite) AlF_3 3NaF

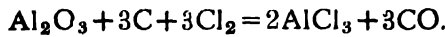
(v) অ্যালুনাইট (Alunite), K_2SO_4, $Al_2(SO_4)_3$, $4Al(OH)_3$,

(vi) স্পাইনেল (Spienel), MgO, Al_2O_3

ক্রাইসোবেরিল (Chrysoberyl), BeO, Al_2O_3

ক্লে (সাধারণ কাদা মাটি) হইতে সুলভে ও সহজে অ্যালুমিনিয়াম-নিষ্কাশন পদ্ধতি আজও আবিষ্কৃত হয় নাই। বক্সাইট প্রচুর পরিমাণে পৃথিবীর নানাস্থানে পাওয়া যাইলেও অনেকদিন পর্যন্ত নানা অসুবিধার জন্য উহা হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন সংঘটিত করা যায় নাই। ফ্রান্স, দক্ষিণ আমেরিকা, যুক্তরাষ্ট্র, আয়ার্ল্যাণ্ড, প্রভৃতি দেশে প্রচুর বক্সাইট পাওয়া যায়। ভারতের বিহারে, যুক্তপ্রদেশে, বোম্বাই প্রদেশে, মাদ্রাজ প্রদেশে, মহীশূরে এবং কাশ্মীরে বক্সাইট পাওয়া যায়। এই সমস্ত বক্সাইট ব্যবহার করিয়া বোম্বাই প্রদেশে এবং বাংলা প্রদেশের আসানসোলে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের কারখানা খোলা হইয়াছে। এই উৎপাদনে যে তড়িৎ-শক্তির প্রয়োজন তাহা জল-বিদ্যুৎ হইতে পাওয়া যায়।

1827 খৃষ্টাব্দে ভূল্হার (Wohler) প্রথম অ্যালুমিনিয়াম প্রস্তুতের একটি প্রণালী আবিষ্কার করেন এবং সেই পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া ডেভিল (Deville, 1845 খৃষ্টাব্দে) অ্যালুমিনিয়ামের পণ্য উৎপাদন সংসাধিত করেন। ইহাতে বক্সাইটকে কার্বনের সহিত মিশাইয়া তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিয়া তাহার উপর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$Al_2O_3+3C+3Cl_2=2AlCl_3+3CO.$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে এবং গাহকে ঠাণ্ডা করিয়া ইহাকে সংগ্রহ করা হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের সহিত সোডিয়াম ক্লোরাইড মিশাইয়া পরে উক্ত মিশ্রণকে ধাতব সোডিয়ামের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়। তখন ধাতব অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন হয়।

$$NaAlCl_4+3Na=4NaCl+Al$$

সোডিয়াম ক্লোরাইডকে জল দিয়া ধুইয়া অপসারিত করিলে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম পাওয়া যায়। কিন্তু এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামের দাম অত্যধিক ছিল। বর্তমানে বক্সাইট হইতে তড়িৎশক্তি প্রয়োগে অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের পদ্ধতি একই সময়ে আমেরিকায় হল (Hall) এবং ফ্রান্সে হেরল্ট (Heroult) আবিষ্কার করেন 1886 খৃষ্টাব্দে এবং তাহার ফলে অ্যালুমিনিয়ামের দাম একেবারে পড়িয়া যায়।

বর্তমানে বক্সাইট হইতে পৃথিবীর চাহিদার যাবতীয় অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা হয়। বক্সাইটে সিলিকা (SiO_2) এবং ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) এবং অন্যান্য অপদ্রব্য (যেমন TiO_2) মিশ্রিত থাকে। যদি ফেরিক অক্সাইডের পরিমাণ বেশী থাকে তবে বক্সাইটের বর্ণ লাল কিংবা বাদামী হয়। যদি সিলিকা বা বালির ভাগ বেশী থাকে তবে বক্সাইটের বর্ণ সাদা হয়। ভারতে যে বক্সাইট পাওয়া যায় তাহাতে শতকরা 55-60 ভাগ Al_2O_3 থাকে। **বক্সাইটের ব্যবহার :**—ইহা অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে, অ্যালম এবং অ্যালুমিনিয়ামের লবণ উৎপাদনে, পেট্রোলিয়াম ও চিনির শোধনে, সিমেণ্ট-শিল্পে এবং অন্য দ্রব্যকে ইহার সহিত ঘর্ষণে চূর্ণে পরিণত করিয়া অপসারণে ব্যবহৃত হয়।

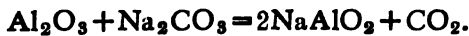
বক্সাইটে দুইটি প্রধান অশুদ্ধি Fe_2O_3 এবং SiO_2 থাকার ফলে ইহা সরাসরি অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ব্যবহৃত হইতে পারে না, কারণ তাহা হইতে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামে লৌহ এবং সিলিকন আসিয়া যায় এবং তখন উহা সহজেই জল দ্বারা আক্রান্ত হয় এবং ভঙ্গুর হয়। তাই বক্সাইট হইতে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন করিতে দুইটি প্রক্রিয়া নিষ্পন্ন করিতে হয়, যথা—

(I) বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা উৎপাদন, এবং

(II) বিশুদ্ধ অ্যালুমিনাকে গলিত ক্রায়োলাইটে যোগ করিয়া উহার তড়িৎ বিশ্লেষণ।

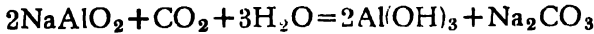
(I) বক্সাইট শোধন (Purification of Bauxite to get pure alumina) :—এই শোধন তিনটি উপায়ে হইতে পারে। তাহার মধ্যে প্রথমটি (ক) হল ব্যবহার করেন। বর্তমানে (খ) দ্বিতীয়টি (বায়ার পদ্ধতি) সর্বাপেক্ষা বেশী চলিত এবং তৃতীয়টি (গ) সময় সময় বেশী সিলিকাযুক্ত বক্সাইটের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়।

(ক) বিগলন পদ্ধতি (Fusion Process) :—(i) চূর্ণিত বক্সাইটের সহিত সোডিয়াম কার্বনেট মিশাইয়া উজ্জ্বল লোহিত তাপে উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট (Sodium aluminate, $NaAlO_2$) কিছু সোডিয়াম সিলিকেট ও ফেরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2.$$

(ii) উৎপন্ন মিশ্রণকে দ্রুততার সহিত জলে দ্রাবিত করা হয়; তাহাতে সোডিয়াম অ্যালুমিনেট ও সোডিয়াম সিলিকেট জলে দ্রবীভূত হয় এবং ফেরিক

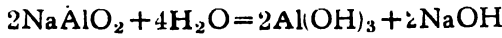
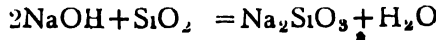
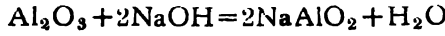
অক্সাইড অদ্রাব্য বলিয়া পড়িয়া থাকে। অদ্রাব্য ফেরিক অক্সাইডকে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। এই ফেরিক অক্সাইড কোল গ্যাসের শোধনে ব্যবহৃত হয়।

(iii) পরিষ্কার পরিস্রুতকে 50°—60° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া উহার ভিতর দিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করান হয়। ইহাতে অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড [$Al(OH)_2$] অধঃক্ষিপ্ত হয়। সোডিয়াম সিলিকেটের কোন পরিবর্তন হয় না, ইহা দ্রবণে থাকিয়া যায়। .

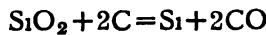
$$2NaAlO_2 + CO_2 + 3H_2O = 2Al(OH)_3 + Na_2CO_3$$

(iv) অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে ছাঁকিয়া দ্রবণ হইতে পৃথক করা হয়। পরে উহাকে ধৌত করিয়া শুকাইয়া ভস্মীভূত করিলে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা (Al_2O_3) পাওয়া যায়। $2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$

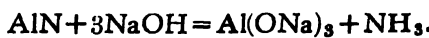
(খ) **বায়ার পদ্ধতি (Baeyer Process) :**—এই পদ্ধতি লাল বক্সাইটে প্রযোজ্য কারণ বেশী সিলিকা থাকিলে ইহার প্রয়োগে অনেকটা অ্যালুমিনিয়ামই সোডিয়াম অ্যালুমিনো সিলিকেটের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হওয়ায় ব্যয়িত হয় এবং তাহাতে উৎপন্ন বিশুদ্ধ অ্যালুমিনার পরিমাণ কমিয়া যায়। এই পদ্ধতিতে বক্সাইটকে ভালভাবে গুঁড়া করিয়া লোহিত তাপের নিম্নে ভস্মীভূত করা হয়; তাহাতে উহার সহিত যে সমস্ত জৈব পদার্থ মিশিয়া থাকে তাহা পুড়িয়া যায়। তাহার পর ভস্মীভূত পদার্থের সহিত শতকরা 45 ভাগ NaOH—যুক্ত কষ্টিক সোডার দ্রবণ মিশাইয়া মিশ্রণটিকে 80 পাউণ্ড চাপে (বায়ু চাপের প্রায় 6 গুণ চাপে) এবং 150° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বদ্ধমুখ লৌহপাত্রে (autoclave) উত্তপ্ত করা হয়। বক্সাইটের অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও সামান্য সিলিকা যথাক্রমে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটে ও সোডিয়াম সিলিকেটে পরিণত হয় এবং ইহারা দ্রাব্য বলিয়া দ্রবণে চলিয়া যায়। ফেরিক অক্সাইড, ফেরিক হাইড্রক্সাইড ইত্যাদি অদ্রাব্যরূপে পড়িয়া থাকে। এই ফেরিক হাইড্রক্সাইড এইরূপ অবস্থায় উৎপন্ন হয় যে তাহা আর কোন কাজে লাগে না। উৎপন্ন দ্রবণে আরও জল মিশাইয়া পাতলা করা হয় এবং অদ্রাব্য পদার্থগুলি হইতে ছাঁকিয়া দ্রবণকে পৃথক কবা হয়। ইহার পর পরিষ্কার পরিস্রুতে সদ্য অধঃক্ষিপ্ত জলযুক্ত বা হাইড্রেটেড (hydrated) অ্যালুমিনা ($Al_2O_3, 3H_2O$) বা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড সামান্য পরিমাণে যোগ করিয়া কয়েক ঘণ্টা উহাকে আলোড়িত করা হয়। ইহার ফলে দ্রবণ হইতে প্রায় সমস্ত অ্যালুমিনিয়াম অদ্রাব্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই

অধঃক্ষিপ্ত অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে ছাঁকিয়া ধৌত করিয়া তীব্র উত্তাপে ভস্মীভূত করা হয়। তখন অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়। সামান্য সোডিয়াম সিলিকেট দ্রবণেই থাকিয়া যায়।

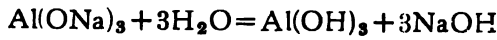
$$Al_2O_3+2NaOH=2NaAlO_2+H_2O$$
$$2NaOH+SiO_2=Na_2SiO_3+H_2O$$
$$2NaAlO_2+4H_2O=2Al(OH)_3+2NaOH$$
$$2Al(OH)_3=Al_2O_3+3H_2O$$

উৎপন্ন কষ্টিক সোডার পাতলা দ্রবণকে গাঢ় করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়। কিছু কষ্টিক সোডা সিলিকার সহিত বিক্রিয়া করার জন্য নষ্ট হয়। সেইজন্য এই পদ্ধতি কম পরিমাণে সিলিকাযুক্ত বক্সাইটের শোধনে ব্যবহৃত হয়।

(গ) **সারপেক পদ্ধতি (Serpek Process)**—এই পদ্ধতি সাদা বক্সাইটের শোধনে প্রযোজ্য কারণ তাহাতে বেশী পরিমাণে সিলিকা থাকায় পূর্বে উল্লিখিত কারণে বায়ার পদ্ধতি প্রয়োগে তাহার শোধন সম্ভব নয়। এই পদ্ধতিতে বক্সাইট কয়লার গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া একটি বড় স্তম্ভাকৃতি ভাঁটির ভিতর লইয়া 1800° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং এই উত্তপ্ত পদার্থের উপর দিয়া নাইট্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ চালনা করা হয়। ইহাতে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড উৎপন্ন হয়। এই পদ্ধতিতে সিলিকা কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া সিলিকন মৌলে পরিণত হয় এবং ভাঁটির উষ্ণতায় সিলিকন বাষ্পীভূত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডের সহিত ভাঁটি হইতে বাহির হইয়া চলিয়া যায়। ভাঁটিতে কেবল অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড পড়িয়া থাকে। $Al_2O_3+3C+N_2=2AlN+3CO$

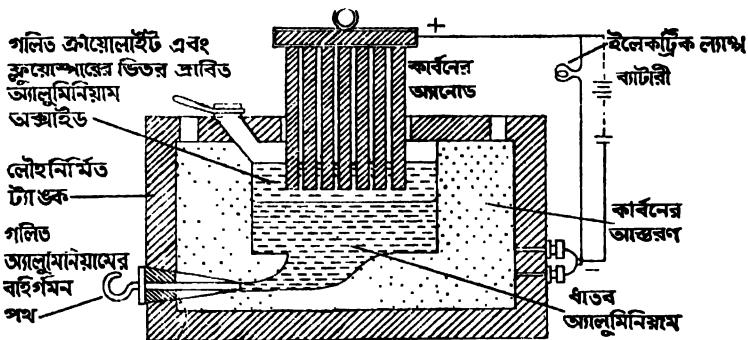
$$SiO_2+2C=Si+2CO$$

উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইডকে কষ্টিক সোডার দ্রবণ দিয়া আলোড়িত করিলে সোডিয়াম অ্যালুমিনেটের দ্রবণ ও অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়। এইখানে অ্যামোনিয়া উপজাত হিসাবে পাওয়া যায়।

$$AlN+3NaOH=Al(ONa)_3+NH_3.$$

উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যালুমিনেটের দ্রবণে বায়ার পদ্ধতির মত সদ্যোৎপন্ন সামান্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিয়া উহাকে আলোড়িত করিলে সমস্ত অ্যালুমিনিয়াম অদ্রাব্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। উহাকে

সংগ্রহ করিয়া ধৌত করা হয় এবং পরে শুষ্ক করিরা ভস্মীভূত করা হয়। তাহাতে বিশুদ্ধ Al_2O_3 পাওয়া যায়।

$$Al(ONa)_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 + 3NaOH$$
$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

II. বিশুদ্ধীকৃত বক্সাইটের তড়িৎ-বিশ্লেষণ (Electrolysis of purified Bauxite) :—একটি 'লৌহনির্মিত বাক্সের (iron box) ভিতরের দিকে প্রায় এক ফুট পুরু গ্যাস কার্বনের আস্তরণ দিয়া মুড়িয়া বৈদ্যুতিক চুল্লী (electric furnace) তৈয়ারী করা হয়। এই বাক্স দৈর্ঘ্যে 7 ফুট, প্রস্থে 4 ফুট এবং উচ্চতায় $2\frac{1}{2}$ ফুট। গ্যাস কার্বনের আস্তরণ অ্যালুমিনার তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্যাথোডের কাজ করে। এই বাক্সের উপরের দিক হইতে একটি কপারের দণ্ডে যুক্ত কয়েকটি মোটা গ্র্যাফাইট দণ্ড ঝুলাইয়া বিশ্লেষ্য পদার্থের (electrolyte) ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয় এবং ইহারাই অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত হয়। এই অ্যানোডগুলি গাহের ভিতর নামানো এবং উঠানো যায়।

বাক্সের ভিতর ক্রায়োলাইটচূর্ণ রাখিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিয়া গলানো হয়, কারণ ক্রায়োলাইটচূর্ণ তড়িতের কুপরিবাহী বলিয়া তাহার ভিতর তড়িৎপ্রবাহ চালনায় প্রচুর তাপ উদ্ভূত হয় এবং সেই উত্তাপে উহা গলিয়া যায়। তখন উহার ভিতর বিশুদ্ধীকৃত বক্সাইট (বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা) যোগ করা হয় এবং সেই সঙ্গে

চিত্র নং—45

কিছুটা ফ্লুয়োরস্পার (প্রাকৃতিক ক্যালসিয়াম ফ্লুয়োরাইড, CaF_2) যোগ করা হয়। মিশ্রণটি এরূপভাবে ব্যবহার করা হয় যে তাহাতে শতকরা 60 ভাগ ক্রায়োলাইট, 20 ভাগ ফ্লুয়োরস্পার এবং 20 ভাগ অ্যালুমিনা থাকে। এই

মিশ্রণটি যাহাতে সহজে তরল হয়, সেই জন্য ফ্লুয়োরস্পার যোগ করা হয়। এই মিশ্রণটির গলনাঙ্ক প্রায় 950° হয়, যদিও অ্যালুমিনার গলনাঙ্ক 2200° সেন্টিগ্রেড। এই উত্তপ্ত গলিত মিশ্রণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত হয় এবং তাহার ফলে ক্যাথোডে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম উৎপন্ন হয়। ইহা গলিত অবস্থায় গলিত ক্রায়োলাইটের নীচে জমা হয়, কারণ ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব গলিত মিশ্রণের আপেক্ষিক গুরুত্ব অপেক্ষা বেশী। বাক্সের নীচে একটি নির্গমপথ (taphole) থাকে এবং সময় সময় উহা খুলিয়া দিয়া গলিত ধাতব অ্যালুমিনিয়াম বাহির করিয়া লওয়া হয়।

তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় অ্যানোডে অক্সিজেন নিম্নে প্রদর্শিত বিক্রিয়া অনুসারে উৎপন্ন হয়। উষ্ণতা বেশী থাকার ফলে এই অক্সিজেন গ্রাফাইটের অ্যানোডকে আক্রমণ করে এবং গ্রাফাইট জ্বলিতে থাকে এবং প্রায় সম-আয়তনে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। গ্রাফাইটের এইভাবে অপচয় নিবারণ করার জন্য এবং চোখ ঝলসানো আলোর হাত হইতে চক্ষুকে রক্ষা করার জন্য মিশ্রণের উপরিভাগে কিছু কোক-চূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয়। এই কোকের গুঁড়াই উদ্ভূত অক্সিজেন দ্বারা জারিত হওয়ায় গ্র্যাফাইট-দণ্ড কিছুটা কম ক্ষয় হয়। মিশ্রণে যখন অ্যালুমিনার পরিমাণ কমিয়া যায় তখন মিশ্রণের তড়িৎ-রোধী (resistance) ক্ষমতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয় এবং তাহার ফলে বর্তনীতে (circuit) সংযুক্ত একটি বাতির (shunted lamp) ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চলিতে থাকে এবং তাহার ফলে বাতিটা জ্বলিয়া উঠে। এই বাতির জ্বলন দেখিয়া গাহে আরও অ্যালুমিনা যোগ করা হয়। এই উপায়ে অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশন পদ্ধতি অবিরাম চলিতে থাকে।

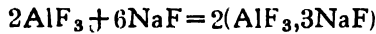
তড়িৎ-বিশ্লেষণের ফল :—এইভাবে তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত করিলে ক্রায়োলাইটের কোন পরিবর্তন লক্ষিত হয় না, কিন্তু অ্যালুমিনা তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট হইয়া অ্যানোডে অক্সিজেন এবং ক্যাথোডে অ্যালুমিনিয়াম দিয়া থাকে। কিভাবে এই পরিবর্তনটি সংঘটিত হয় তাহা নিম্নলিখিত প্রকারে বুঝানো হইয়া থাকে, কারণ ক্রায়োলাইটের উপস্থিতি ভিন্ন অ্যালুমিনার তড়িৎ-বিশ্লেষণ সংঘটিত হয় না। প্রথমে ক্রায়োলাইট ভাঙ্গিয়া অ্যালুমিনিয়াম এবং ফ্লুয়োরিণ উৎপন্ন হয়। এই ফ্লুয়োরিণ অ্যালুমিনার সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুয়োরাইড দেয় এবং অক্সিজেন গ্যাস বাহির করিয়া দেয়। সেই অক্সিজেন গ্রাফাইট অ্যানোডের

সহিত বিক্রিয়া করিয়া প্রায় সম-আয়তনে কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। $AlF_3, 3NaF = AlF_3 + 3NaF$; $AlF_3 \rightleftharpoons Al^{+++} + 3F^-$

$$3F^- - 3e = 3F$$

ক্যাথোডে $Al^{+++} + 3e = Al$ অ্যানোডে $Al_2O_3 + 6F = 2AlF_3 + 3O$

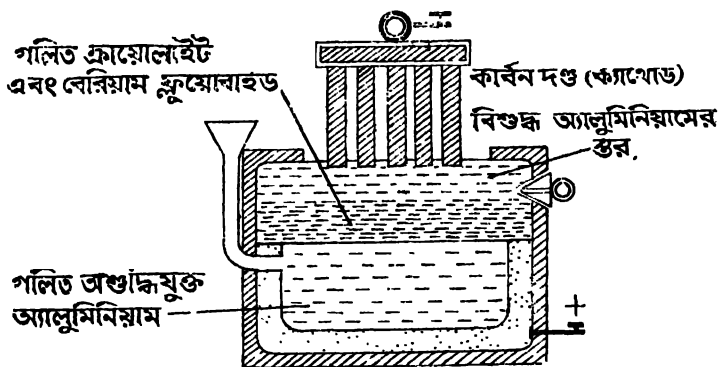
$$2C + 3O = CO + CO_2$$

$$2AlF_3 + 6NaF = 2(AlF_3, 3NaF)$$

দ্রষ্টব্য :—(i) প্রতিটি বাক্সে (তড়িৎচুল্লীতে) 5—6 ভোল্ট বিদ্যুৎ-চাপের এবং অ্যানোডে প্রতি স্কোয়ার ডেসিমিটারে (Sq. dm.) 100 অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎপ্রবাহের প্রয়োজন।

(ii) এই প্রক্রিয়ায় যে ক্রায়োলাইট প্রয়োজন হয় তাহা দক্ষিণ গ্রীণল্যাণ্ড হইতে খনিজ রূপে পাওয়া যায়। কিন্তু তাহাতে সিলিকা মিশ্রিত থাকায় এই প্রক্রিয়ায় উহা ব্যবহার করায় উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়ামে সিলিকন অশুদ্ধি আসিতে পারে। ভারতে ক্রায়োলাইট পাওয়া যায় না। বর্তমানে কৃত্রিম উপায়ে ক্রায়োলাইট উৎপন্ন করিয়া অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদনের কাজে ব্যবহার করা হয়। এই কৃত্রিম ক্রায়োলাইট অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুয়োরাইড, অ্যামোনিয়াম ফ্লুয়োরাইড ও সোডিয়াম নাইট্রেট দ্রবণে লইয়া ইহাদের বিক্রিয়া করাইয়া উৎপন্ন করা হয়। $AlF_3 + 3NH_4F + 3NaNO_3 = Na_3AlF_6 + 3NH_4NO_3$

(অধঃক্ষিপ্ত হয়) (দ্রবণে থাকে)

ভারতে অ্যালুমিনিয়াম ফ্লুয়োরাইড এবং সোডিয়াম ফ্লুয়োরাইড এই দুইটি পদার্থই খনিজরূপে পাওয়া যায়। এই দুইটি পদার্থ 1 : 3 অনুপাতে মিশাইয়া কাজে ক্রায়োলাইটের বদলে ব্যবহার করা হয়।

অ্যালুমিনিয়ামের বিশোধন :—উপরে লিখিত উপায়ে উৎপন্ন অ্যালুমিনিয়াম শতকরা 99 ভাগ বিশুদ্ধ হয়। ইহাতে আয়রণ ও সিলিকন অশুদ্ধিরূপে থাকে।

চিত্র নং—46

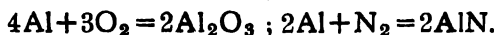
উহাকে হুপের প্রণালী (Hoope's Process) প্রয়োগ করিয়া তড়িৎ-বিশ্লেষণ

পদ্ধতি দ্বারা শতকরা 99·98—99·99 ভাগ বিশুদ্ধ করা যায়। এই প্রণালীতে ব্যবহৃত তড়িৎকোষে বিভিন্ন ঘনাঙ্কের তরল লওয়া হয়। ইহার নিম্নস্তরে থাকে গলিত অ্যালুমিনিয়াম ও কপারের সংকর ধাতুর অ্যানোড, তাহার উপরে গলিত ক্রায়োলাইট ও বেরিয়াম ফ্লুয়োরাইডের মিশ্রণ রাখা হয় এবং তাহার উপর দ্রবীভূত বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম আসিয়া জমা হইয়া ক্যাথোডের কার্য করে। তাহার পূর্বে কয়েকটি গ্র্যাফাইট-দণ্ড ছবিতে দেখানো মত গাত্রের ভিতর ডুবাইয়া ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা হয় এবং পরে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম জমা হইলে ধীরে ধীরে উহাদেরকে উপরে তুলিয়া আনিয়া উৎপন্ন বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের সহিত ঠেকাইয়া রাখা হয়। উৎপন্ন বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম পার্শ্বে অবস্থিত ছিদ্রপথে বাহির করিয়া লওয়া হয়। এই অতিবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের অনেক ধর্মই শতকরা 99 ভাগ বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম হইতে বিভিন্ন।

অ্যালুমিনিয়ামের ধর্ম :—

ভৌত ধর্ম :—বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম একটি রূপার মত সাদা ধাতু, কিন্তু অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের সামান্য নীল আভা দেখা যায়। ইহা একটি হালকা ধাতু এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 2·7। ইহা নরম ধাতু এবং খুব নমনীয়। তাই ইহাকে পিটাইয়া পাতে এবং টানিয়া তারে পরিণত করা যায়। ইহার তনন-ক্ষমতা (tensile strength) খুব বেশী। ইহার গলনাঙ্ক 659° সেন্টিগ্রেড। ধাতুটিকে গলাইয়া ছাঁচে ঢালাই করা যায়। 100°—150° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার ভিতর ইহাকে পিটাইয়া পাতে বা টানিয়া তারে পরিণত করা যায়, কিন্তু 600° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা ভঙ্গুর হয়। ইহা তাপ ও বিদ্যুতের সুপরিবাহী এবং সম ওজনের কপারের তুলনায় অপেক্ষাকৃত ভাল তড়িৎ-পরিবাহী।

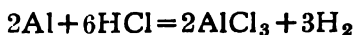
রাসায়নিক ধর্ম :—শুষ্ক বায়ুর সংস্পর্শে ইহার কোন পরিবর্তন হয় না, কেবল ইহার উপর একটি স্বচ্ছ সূক্ষ্ম অক্সাইডের আস্তরণ পড়ে, কিন্তু অবিশুদ্ধ বায়ুর সংস্পর্শে ইহা ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। অ্যালুমিনিয়ামের পাত বা গুঁড়া বা তার বায়ুতে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে উহা উজ্জ্বল সাদা শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে এবং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও নাইট্রাইড উৎপন্ন হয় :

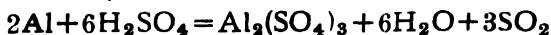
$$4Al+3O_2=2Al_2O_3\ ;\ 2Al+N_2=2AlN.$$

যদি ধাতব অ্যালুমিনিয়ামের পাত্রের উপরিতল ভিজা মার্কিউরিক ক্লোরাইড দ্বারা ঘষা হয় তাহা হইলে উহার উপরে যে অক্সাইডের সূক্ষ্ম আস্তরণ থাকে তাহা ভাঙ্গিয়া

যায় এবং তখন দ্রুতভাবে অ্যালুমিনিয়াম তাপ উৎপাদন-সহকারে জারিত হইতে থাকে এবং উহার উপর শ্যাওলার মত গুঁড়া দেখা দেয়। অ্যালুমিনিয়ামের পাত্রের ভিতরটা একপ্রকার ভিজা কালো গুঁড়া দিয়া মাজিলে পাত্রটি খুব উত্তপ্ত হইয়া উঠে—এই বিষয়টি ম্যাজিক বলিয়া রাস্তায় অনেক সময় লোকে দেখাইয়া থাকে, কিন্তু উক্ত ভিজা কালো গুঁড়ায় মার্কিউরিক ক্লোরাইড মেশানো থাকে বলিয়া পূর্বের উল্লিখিত কারণে অ্যালুমিনিয়ামের দ্রুত জারণে প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়।

জলের ক্রিয়া ঃ—জল বা জলীয়-বাষ্পের সহিত সাধারণতঃ ইহার কোন বিক্রিয়া হয় না; তাহার কারণ ইহার উপর যে অক্সাইডের আবরণ সৃষ্টি হয় তাহাতেই আর কোন বিক্রিয়া হইতে দেয় না। তাই অ্যালুমিনিয়ামের কেটলি, রন্ধনের পাত্র ইত্যাদির ব্যবহার করা সম্ভব হয়। কিন্তু অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়াকে জলের সহিত ফুটাইলে জল বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড গঠিত হয়। $2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$. অ্যালুমিনিয়াম অ্যামালগাম (পারদ ও অ্যালুমিনিয়ামের সংকরধাতু) সহজেই জলদ্বারা আক্রান্ত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। তাই ইহা অতি উত্তম বিজারক হিসাবে ক্রিয়া করিয়া থাকে। সমুদ্রের লবণাক্ত জল ও ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ সহজেই অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করে।

অ্যাসিডের ক্রিয়া ঃ—পাতলা বা গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে অ্যালুমিনিয়াম সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$2Al + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2$$

পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের অ্যালুমিনিয়ামের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না। উষ্ণ ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করে এবং অ্যালুমিনিয়াম সলফেট, সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস ও জল উৎপন্ন হয়।

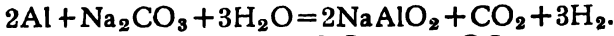
$$2Al + 6H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O + 3SO_2$$

পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড অতি ধীরে অবিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করে এবং তাহাতে অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়, কোন গ্যাস উদ্ভূত হয় না। নাইট্রিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব যেমন বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়, উহার অ্যালুমিনিয়ামের সহিত বিক্রিয়া করিবার ক্ষমতাও কমিয়া যায় এবং গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের অ্যালুমিনিয়ামের সহিত কোন বিক্রিয়াই হয় না। ফসফোরিক অ্যাসিড সহজেই অ্যালুমিনিয়ামকে গলাইয়া ফেলে; $2Al + 2H_3PO_4 = 2AlPO_4 + 3H_2$। খাদ্য লবণের উপস্থিতিতে

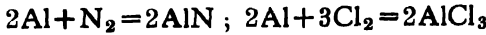
জৈব অ্যাসিড, যথা টারটারিক বা সাইট্রিক অ্যাসিড অ্যালুমিনিয়ামকে দ্রবীভূত করে। অ্যালুমিনিয়ামের বাটিতে তেঁতুল ও লবণ একত্র রাখিলে বাটিটি ছ্যাদা হইয়া যায়।

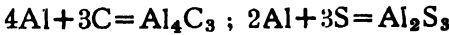
ক্ষারের ক্রিয়া ঃ—তীব্র ক্ষারের দ্রবণ, যথা কষ্টিক সোডা বা কষ্টিক পটাসের দ্রবণের সহিত অ্যালুমিনিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে উহা দ্রবীভূত হয় এবং তাহার ফলে দ্রবণে অ্যালুমিনেট-নামক লবণ ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

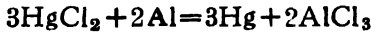
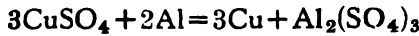
$$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2$$

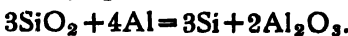
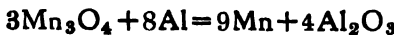
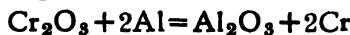
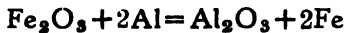
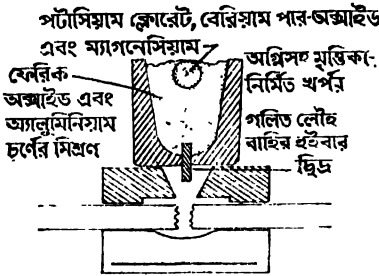
উত্তপ্ত গাঢ় সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণেও অ্যালুমিনিয়াম দ্রাবিত হয় ঃ

$$2Al+Na_2CO_3+3H_2O=2NaAlO_2+CO_2+3H_2.$$

অন্যান্য মৌলের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের বিক্রিয়া ঃ—উত্তপ্ত অবস্থায় অ্যালুমিনিয়ামকে নাইট্রোজেন গ্যাসের, অথবা ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর দিলে উহা অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড ও অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$2Al+N_2=2AlN \; ; \; 2Al+3Cl_2=2AlCl_3$$

কার্বন বা সলফারের সহিত অ্যালুমিনিয়ামকে উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইড এবং অ্যালুমিনিয়াম সলফাইড উৎপন্ন হয়।

$$4Al+3C=Al_4C_3 \; ; \; 2Al+3S=Al_2S_3$$

অ্যালুমিনিয়ামের অন্যান্য বিক্রিয়া ঃ—কপার সলফেটের দ্রবণে অথবা মারকিউরিক ক্লোরাইডের দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম যোগ করিলে কপার এবং মার্কারী ধাতু অ্যালুমিনিয়াম দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। ইহার কারণ অ্যালুমিনিয়াম তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীতে কপার এবং মার্কারীর উপরে অবস্থিত।

$$3CuSO_4+2Al=3Cu+Al_2(SO_4)_3$$
$$3HgCl_2+2Al=3Hg+2AlCl_3$$

1000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার কাছাকাছি উষ্ণতায় অক্সিজেনের প্রতি অ্যালুমিনিয়ামের আসক্তি অতিশয় প্রবল হয়। সেইজন্য আয়রণ অক্সাইড, ক্রোমিয়াম অক্সাইড, ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড অথবা সিলিকন ডাই-অক্সাইডের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়া মিশাইয়া খুব উত্তপ্ত করিলে উক্ত অক্সাইডগুলি বিজারিত হয় এবং ধাতব আয়রণ, ক্রোমিয়াম, ম্যাঙ্গানিজ অথবা সিলিকন উৎপন্ন হয়।

$$Fe_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Fe$$
$$Cr_2O_3+2Al=Al_2O_3+2Cr$$
$$3Mn_3O_4+8Al=9Mn+4Al_2O_3$$
$$3SiO_2+4Al=3Si+2Al_2O_3.$$

আয়রণ অক্সাইডের সহিত অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়ার যে বিক্রিয়া উল্লিখিত হইল তাহা **গোল্ডস্মিডের তীব্র তাপগলন-পদ্ধতিতে** (Goldschmit Thermit Process) প্রয়োগ করা হইয়াছে। তিন ভাগ আয়রণ অক্সাইড ও একভাগ অ্যালুমিনিয়াম গুঁড়ার মিশ্রণকে থার্মিট (Thermit) বলা হয়। এই বিক্রিয়ায় যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতে উৎপন্ন ধাতব আয়রণ এবং অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড গলিত অবস্থায় পাওয়া যায়। গলিত আয়রণ দ্বারা ভগ্ন রেল-লাইন, জাহাজ বা গাড়ী মেরামত যথাস্থানে রাখিয়াই নিষ্পন্ন করা যায়। একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত খর্পরের ভিতর থার্মিট মিশ্রণ লওয়া হয়। এই মিশ্রণের উপরে কিছু পটাসিয়াম ক্লোরেট, বেরিয়াম পার-অক্সাইড ও ম্যাগনেসিয়াম-চূর্ণ রাখিয়া তাহাতে একটি ম্যাগনেসিয়ামের ফিতা ডুবাইয়া দেওয়া হয়।

চিত্র নং—47

এই ম্যাগনেসিয়ামের ফিতার সাহায্যে এই মিশ্রণে অগ্নি-সংযোগ করা হয়। সঙ্গে সঙ্গে প্রচণ্ডভাবে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং গলিত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের তলদেশে গলিত আয়রণ উৎপন্ন হয়। খর্পরের নীচে একটি বন্ধকরা ছিদ্র থাকে এবং এই ছিদ্রটি ভগ্ন-রেলের একটু উপরে রাখিয়া বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করা হয়। বিক্রিয়াশেষে ছিদ্রটি খুলিয়া দিলে রেলের ভগ্নস্থানে গলিত আয়রণ পড়িয়া ঠাণ্ডা হইলে উহাদের জোড়া লাগাইয়া দেয়। এই বিক্রিয়ায় প্রায় 2500° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতার উদ্ভব হয়।

অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার :—হালকা তননক্ষমতা বেশী থাকায় ও ঢালাইএর উপযুক্ত নমনীয়তা ও প্রসার্যগুণ ইহাতে বর্তমান থাকায় অ্যালুমিনিয়াম উড়োজাহাজ ও মটরগাড়ীর দেহনির্মাণে (body of motor-cars and aeroplanes) ব্যবহৃত হয়। ইহাদ্বারা রন্ধনের পাত্র ও গৃহে সর্বদা ব্যবহার্য বাসনপত্র প্রস্তুত করা হয়। ইহার তড়িৎ পরিবাহিতা আছে বলিয়া ইহা তড়িৎশিল্পে এবং মাথার উপরের তড়িৎ-পরিবাহক তারের লাইন প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা অনেক সংকর-ধাতু প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। যথা ডুরালমিন (Duralumin, an alloy of Al, Cu, Mn, Mg)—উড়োজাহাজ-নির্মাণে

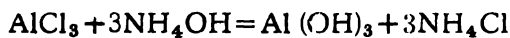
এবং ম্যাগনেলিয়াম (magnalium, an alloy of Al and Mg) তুলাযন্ত্র নির্মাণে, অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ (Aluminium bronze, an alloy of Al and Cu সোনার মত দেখিতে বলিয়া গৃহের শোভাবর্ধক ফুলদানী প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়া সাদা রং (White pigment) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। কারণ লৌহের দ্রব্যের উপর ইহার আস্তরণ দিলে লৌহে মরিচা ধরা নিবারিত হয়। হাওড়া ব্রীজে ব্যবহৃত লৌহ স্তম্ভগুলির উপর অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়ার আস্তরণ দেওয়া হইয়াছে। অ্যালুমিনিয়ামের অতি পাতলা পাত সিগারেট ও চকোলেট মুড়িবার জন্য ব্যবহৃত হয়। ইহা ক্রোমিয়াম ও ম্যাঙ্গানিজ ধাতু এবং সিলিকন মৌল উৎপাদনে, ইস্পাতের বায়ু অপসারণ করিতে, বিস্ফারক হিসাবে, বাজি প্রস্তুতে ও থার্মাইট বোমা প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। চেয়ার, বাক্স, এবং বর্তমানে গৃহনির্মাণে অ্যালুমিনিয়ামের ব্যবহার দেখা যায়।

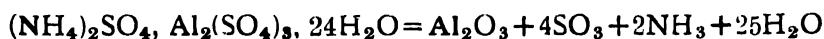
অ্যালুমিনিয়ামের যৌগ ঃ—

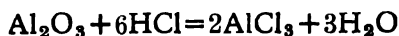
অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনা (Aluminium oxide or Alumina Al_2O_3) :—ইহা প্রকৃতিতে কোরাণ্ডাম বা কুরুবিন্দ (corundum), এবং এমারী (emery) রূপে পাওয়া যায়। চুণী (ruby), নীলা (sapphire), পান্না (emerald), পোখরাজ (topaz) প্রভৃতি রূপেও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড প্রকৃতিতে দেখা যায়, এবং উহারা অন্যান্য ধাতব অক্সাইডের সহিত সামান্য পরিমাণে মিশ্রিত থাকায় নানা রং-এর হয় এবং মূল্যবান রত্ন হিসাবে গণ্য হইয়া থাকে। যেমন, চুণীতে লাল রং অতি সামান্য ক্রোমিয়াম অক্সাইড থাকার ফলে হয়। নকল চুণী শতকরা 97·5 ভাগ অ্যালুমিনার গুঁড়ার সহিত শতকরা 2·5 ভাগ ক্রোমিয়াম অক্সাইড মিশাইয়া অক্সি-হাইড্রোজেন শিখায় গলাইলে উৎপন্ন হয়। এই গলিত পদার্থ একটি অ্যালুমিনার দণ্ডের উপর গ্রহণ করা হয়। ইহাতে একটি স্বচ্ছ স্ফটিক পাওয়া যায়। উহাকে যন্ত্র-সাহায্যে কাটিয়া উপযুক্ত গঠনের রত্ন উৎপাদন করা হয়। পান্নার সবুজ রং বেরিলিয়াম অক্সাইড, ক্রোমিয়াম অক্সাইড ও সিলিকা থাকার ফলে হয়, নীলার নীল রং-কোবাল্ট অক্সাইড বা আয়রণ অক্সাইড ও টাইটেনিয়াম অক্সাইড থাকার ফলে হয়। নকল নীলা অক্সি-হাইড্রোজেন শিখায় অ্যালুমিনা, কোবাল্ট অক্সাইড অথবা ফেরিক অক্সাইড ও টাইটানিয়াম ডাই-অক্সাইড গলাইয়া তৈয়ারী করা হয়।

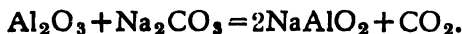
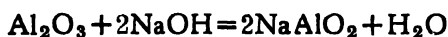
প্রকৃতিতে অ্যালুমিনিয়ামের জলসংযুক্ত অক্সাইডও বিভিন্ন খনিজরূপে পাওয়া যায়; যেমন, বক্সাইট (Al_2O_3, $2H_2O$), গিবসাইট (Al_2O_3, $3H_2O$) ইত্যাদি।

বক্সাইট হইতে বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড প্রস্তুতের পদ্ধতি পূর্বেই বর্ণিত হইয়াছে। পরীক্ষাগারে যে-কোন দ্রবণীয় অ্যালুমিনিয়ামের লবণের দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিয়া অদ্রাব্য অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করা হয়। এই অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ ছাঁকিয়া লইয়া ধৌত করা হয় এবং উহাকে অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলেই অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$AlCl_3 + 3NH_4OH = Al(OH)_3 + 3NH_4Cl$$
$$2Al(OH)_3 = Al_2O_3 + 3H_2O$$

অ্যামোনিয়াম অ্যালমকে উত্তপ্ত করিয়াও অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উৎপাদন করা হয়:

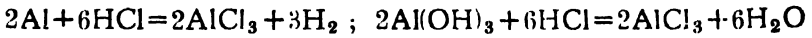
$$(NH_4)_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O = Al_2O_3 + 4SO_3 + 2NH_3 + 25H_2O$$

অ্যালুমিনার ধর্ম:—অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড সাদা কঠিন পদার্থ, ইহা জলে অদ্রাব্য। ইহার গলনাঙ্ক প্রায় 2200° সেণ্টিগ্রেড, তাই ইহা সহজে উত্তাপ প্রয়োগে গলে না। ইহা সকল অ্যাসিডেই দ্রাব্য, কিন্তু অ্যালুমিনাকে ৪50° সেণ্টিগ্রেড

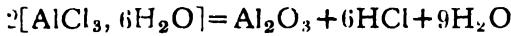
$$Al_2O_3 + 6HCl = 2AlCl_3 + 3H_2O$$

উষ্ণতায় দগ্ধ করিলে উহা অ্যাসিডে অদ্রাব্য হয়। ইহাকে কঠিন কষ্টিক সোডা, কষ্টিক পটাস অথবা সোডিয়াম কার্বনেটের সহিত উত্তপ্ত করিয়া গলাইলে ইহা সোডিয়াম বা পটাসিয়াম অ্যালুমিনেটে পরিণত হয়। সুতরাং ইহা উভধর্মী অক্সাইড (**amphoteric oxide**)।

$$Al_2O_3 + 2NaOH = 2NaAlO_2 + H_2O$$
$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 = 2NaAlO_2 + CO_2.$$

অ্যালুমিনার ব্যবহার:—কোরাণ্ডামের ব্যবহার অন্য দ্রব্য চূর্ণ করিতে হইয়া থাকে, এমারীর গুঁড়া পালিশ করিতে ব্যবহৃত হয়। চুণী, পান্না, নীলা, প্রভৃতি খনিজের রত্নহিসাবে ব্যবহার দেখা যায়। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড প্রধানতঃ ফটকিরি (অ্যালম) তৈয়ারী করিতে এবং রঞ্জনশিল্পে রংস্থাপক (**mordant**) হিসাবে প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3, 6H_2O$) **:—**

প্রস্তুতি :—পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে ধাতব অ্যালুমিনিয়াম, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড বা অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইড যোগ করিলে উহারা অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া দ্রবণে অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া উত্তাপপ্রয়োগে ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে $AlCl_3$, $6H_2O$ কেলাসিত হয়।

$$2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2\ ;\ \ 2Al(OH)_3+6HCl=2AlCl_3+6H_2O$$

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ($AlCl_3$) :—পরীক্ষাগারে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করিতে নিম্নলিখিত উপায় অবলম্বিত হয়, কারণ কেলাসজলসহ অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে উত্তপ্ত করিলে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড পাওয়া যায় না, উহা অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে ভাঙ্গিয়া যায়।

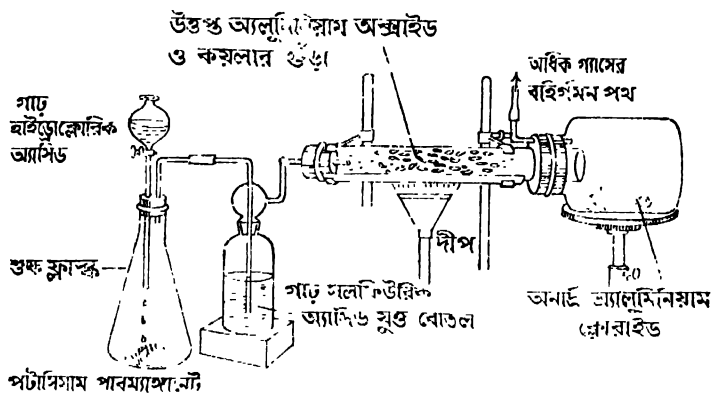
$$2[AlCl_3, 6H_2O]=Al_2O_3+6HCl+9H_2O$$

একটি শক্ত বড় ফাঁদের কাচনলের অ্যালুমিনিয়ামের ছিলা (aluminium turnings) লওয়া হয়। উক্ত কাচনলের দুই মুখে দুইটি কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া দুইটি ছোট ফাঁদেব কাচনল লাগাইয়া উহার একটিকে একটি শুষ্ক ফ্লাস্কের ভিতর ঢুকাইয়া রাখা হয়। অন্য মুখ দিয়া বড় ফাঁদের কাচনলের ভিতর শুষ্ক ক্লোরিণ অথবা শুষ্ক হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস চালনা করা হয় এবং সেই সঙ্গে কাচনলকে উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন অনার্দ্র $AlCl_3$ উচ্চ উষ্ণতায় উদ্বায়ী বলিয়া বাষ্পাকারে শুষ্ক ফ্লাস্কে আসে এবং সেখানে কঠিন আকারে জমা হয়।

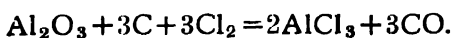
$$2Al+3Cl_2=2AlCl_3\ ;\ 2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$$

দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উৎপন্ন হাইড্রোজেন গ্যাস ফ্লাস্ক হইতে ফ্লাস্কের মুখে লাগানো নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া যায়।

অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের পণ্য উৎপাদন :—একটি শক্ত কাচনলে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও কয়লার গুঁড়া মিশাইয়া লওয়া হয় এবং উহাকে দীপ সাহায্যে উচ্চ উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং এই উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর দিয়া শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে বাষ্পাকারে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় এবং শক্ত কাচনলের মুখে একটি বড় মুখযুক্ত শুষ্ক বোতলে

কর্কের ভিতর দিয়া ঢোকান থাকার ফলে উক্ত বোতলে ঠাণ্ডা হইয়া কঠিনাকারে জমা হয়। বোতলের মুখে কর্কের ভিতর দিয়া একটি গ্যাস বহির্গমন নল লাগানো

চিত্র নং—48

থাকায় সেই নল দিয়া অধিক পরিমাণে ব্যবহৃত ক্লোরিণ বাহির হইয়া যায়।

$$Al_2O_3+3C+3Cl_2=2AlCl_3+3CO.$$

অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের ধর্ম :—অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড একটি সাদা কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহা বিশেষভাবে উদ্গ্রাহী (deliquescent)। ইহা আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে ধূমায়িত হয়। জলের দ্রবণে ইহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হয়; $AlCl_3+3H_2O \rightleftharpoons Al(OH)_3+3HCl$. সেইজন্য ইহার জলের দ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল রংএ পরিবর্তিত করে। ইহা অ্যামোনিয়া গ্যাস শোষণ করিয়া অ্যামোনিয়াযুক্ত অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, $AlCl_3, 6NH_3$ গঠিত করে। উত্তাপ প্রয়োগ করিলে $AlCl_3, 6H_2O$ ভাঙ্গিয়া অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন করে।

অ্যালুমিনিয়ম ক্লোরাইডের ব্যবহার :—অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড জৈব রসায়নে সংশ্লেষণী-বিক্রিয়া (Synthesis) সংঘটিত করিতে অনুঘটক হিসাবে ব্যবহৃত হয় (Friedel-Craft's reaction)। পেট্রোলিয়ামশিল্পেও ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

অ্যালুমিনিয়াম সলফেট [$Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$] :—

প্রস্তুতি :—অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রক্সাইডকে পাতলা সলফিউরিক-অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া বাষ্পীভূত করিয়া জল তাড়াইলে দ্রবণ

গাঢ় হয়। পরে উহাকে ঠাণ্ডা করিলে অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের কেলাস উৎপন্ন হয়। এই কেলাসগুলি সংগ্রহ করিয়া পুনরায় অ্যালকোহল মিশ্রিত জল হইতে কেলাসিত করা হয়।

অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের পণ্য উৎপাদন:—বক্সাইটকে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিয়া অ্যালুমিনিয়াম সলফেট উৎপাদন করা হয়। আবার কেয়োলিন (Kaolin) বা চায়নাক্লে (China-clay) গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে অবিশুদ্ধ (impure) অ্যালুমিনিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয়।

$$Al_2O_3,\ 2SiO_2,\ 2H_2O + 3H_2SO_4 = Al_2(SO_4)_3 + 2SiO_2 + 5H_2O$$

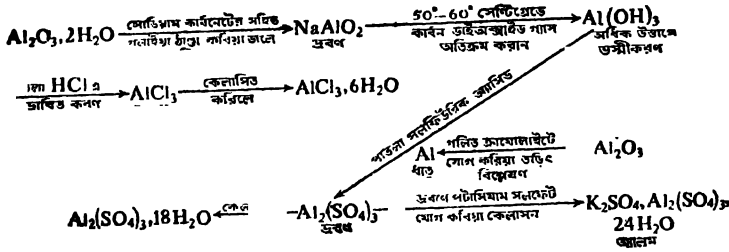
উভয়ক্ষেত্রেই দ্রবণকে জল দিয়া পাতলা করিয়া পরিস্রাবিত করা হয়। পরিস্রুৎকে বাষ্পীভবন দ্বারা ঘনীভূত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের কেলাস, $Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$, পাওয়া যায়। ইহা বাজারে অ্যালম কেক (alum-cake) বা অ্যালুমিনো ফেরিক (alumino-ferric) নামে বিক্রয় হয়।

অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের ধর্ম:—ইহা বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহা জলে দ্রাব্য। জলের দ্রবণে ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ সংঘটিত হয় এবং তাহার ফলে দ্রবণটি অ্যাসিডধর্মী হয়। অন্যান্য ধাতুর সলফেটের সহিত ইহা দ্বিধাতুক লবণ (double salt) গঠন করে। ক্ষারধাতুর ও অ্যামোনিয়াম যৌগমূলকের সলফেটের সহিত ইহা **অ্যালম** গঠন করে। এই অ্যালম সম্বন্ধে "রসায়নের গোড়ার কথা", দ্বিতীয় ভাগ, পৃ. ৩৪৬—৩৪৯তে বিশদভাবে আলোচনা করা হইয়াছে। দ্বিযোজী ধাতুর সলফেটের সহিত ইহা অ্যালমকল্প দ্বিযৌগ (pseudo alum) গঠন করে যথা, $MgSO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$। অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম সলফেটকে উত্তপ্ত করিলে লোহিত তাপে উহা Al_2O_3 (অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড), সলফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে ভাঙ্গিয়া যায় :

$$2Al_2(SO_4)_3 = 2Al_2O_3 + 6SO_2 + 3O_2.$$

অ্যালুমিনিয়াম সলফেটের ব্যবহার:—ইহা বস্ত্রশিল্পে ও রঞ্জনশিল্পে রংস্থাপক (mordant) রূপে, কাগজশিল্পে, জল পরিষ্কার করিতে (বিশেষতঃ শিল্প অঞ্চলে সহরের ধোয়ানী জল নদীতে ছাড়িবার পূর্বে তাহাকে পরিষ্কার করিতে), অগ্নিনির্বাপণে ও চামড়া পরিষ্কার করিতে (tanning) ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ফটকিরি উৎপাদনেও ইহা প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালুমিনিয়ামের খনিজ হইতে বিভিন্ন অ্যালুমিনিয়াম যৌগ উৎপাদন

চিত্র নং 49

(ছ) লেড (Lead) (সীসা)

সংকেত Pb (Plumbum), পারমাণবিক ওজন 207·1, যোজ্যতা 2 অথবা 4, আপেক্ষিক গুরুত্ব 11·34, গলনাঙ্ক 327·4° সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক = 1200° সেন্টিগ্রেড (in vacuum)।

1870° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহার বাষ্পে এক পরমাণুক লেডের অণু দেখা যায়।

লেডের অবস্থান :—প্রকৃতিতে লেড ভালরূপেই বিন্যস্ত দেখিতে পাওয়া যায়। কোন কোন স্থানে অতি সামান্য পরিমাণে ধাতব লেড (native) দেখিতে পাওয়া যায়। তবে নানাপ্রকারের খনিজেই লেডের যৌগ পাওয়া যায়। তাহার মধ্যে নিম্নলিখিত খনিজগুলিই উল্লেখযোগ্য :—

(i) গ্যালেনা (Galena), PSb
(ii) সেরুসাইট (Cerussite), $PbCO_3$
(iii) অ্যাংগ্লেসাইট (Anglesite), $PbSO_4$
(iv) লেডহিলাইট (Leadhillite), $3PbCO_3, PbSO_4$
(v) লেনারকাইট (Lanarkite), $PbO, PbSO_4$
(vi) পাইরোমরফাইট (Pyromorphite), $3Pb_3(PO_4)_2, PbCl_2$
(vii) ক্রোকোইসাইট (Crocoisite), $PbCrO_4$

গ্যালেনাই লেডের বিশেষ খনিজ এবং ইহা হইতেই পৃথিবীর চাহিদা মিটাইবার মত লেড উৎপন্ন হয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·5, এবং ইহা ইংলণ্ডে, বিশেষতঃ আমেরিকায় এবং ক্যানাডায়, মেক্সিকোতে ও অষ্ট্রেলিয়ায় পাওয়া যায়। ব্রহ্মদেশেও ইহা কিছু কিছু দেখা যায়। গ্যালেনা সাধারণতঃ জিঙ্ক ব্লেণ্ড, অন্যান্য খনিজমল

(কোয়ার্জ, ক্যালসাইট, ফ্লুয়োরাইট, ব্যারাইটেস্ ইত্যাদি) এবং সিলভার সলফাইডের সহিত মিশ্রিত থাকে। গ্যালেনায় সিলভারের পরিমাণ শতকরা 0·01 হইতে 0·1 ভাগ দেখিতে পাওয়া যায়।

লেড নিষ্কাশন :—পৃথিবীর প্রয়োজনের সমস্ত লেডই গ্যালেনা হইতে নিষ্কাশিত হয়। গ্যালেনা উজ্জ্বল কালো ভারী খনিজ। ইহাতে লেডের সলফাইড ছাড়াও অনেক অশুদ্ধি যেমন মাটি, বালি এবং সিলভার, কপার, বিসমাথ প্রভৃতির সলফাইড, মিশ্রিত থাকে। গ্যালেনায় অনেক সময় মাত্র শতকরা ৪ হইতে 10 ভাগ লেড-সলফাইড বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। তাই গ্যালেনায় লেড সলফাইডের পরিমাণ অনুসারে লেড নিষ্কাশনের পদ্ধতি বিভিন্ন হইয়া থাকে। সাধারণতঃ লেড নিষ্কাশনে দুইটি পদ্ধতির প্রচলন খুব বেশী রকম দেখা যায় :—

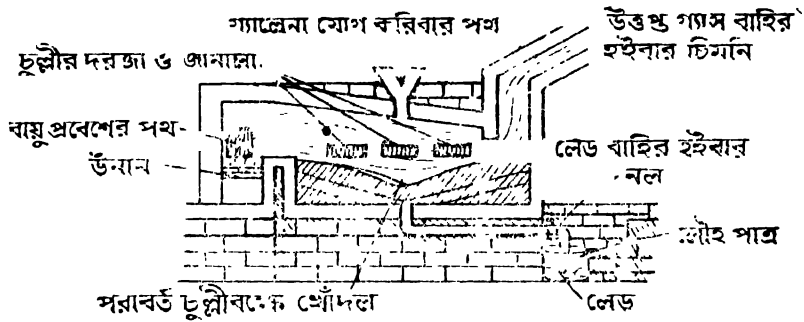
(i) **বায়ু-বিজারণ অথবা স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি** (Air-reduction or Self-reduction Process): খনিজে বেশী পরিমাণে গ্যালেনা থাকিলে এই পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। ইংলণ্ডে ফ্লিণ্টসায়ারে (Flintshire) এই পদ্ধতির প্রচলন এক সময় খুব বেশী দেখা যাইত।

(ii) **অঙ্গার-বিজারণ পদ্ধতি** (Carbon-reduction Process): এই পদ্ধতিদ্বারা কম বিশুদ্ধ গ্যালেনা হইতে লেড নিষ্কাশণ করা হয়। এই পদ্ধতি আমেরিকার যুক্তরাষ্ট্রে বর্তমানে প্রচলিত দেখা যায়।

(i) **বায়ু-বিজারণ বা স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি :** এই পদ্ধতি নিম্নলিখিত ভাবে পরিচালিত করা হয় :—

(ক) **ভর্জন এবং জারণ :**—গ্যালেনাকে সাবধানতার সহিত একটি পরাবর্ত চুল্লীতে রাখিয়া ভর্জিত করা হয়। চুল্লীর বক্ষে সামান্য খোঁদল মতন (hollowed out) করা থাকে এবং উৎপন্ন লেডকে গলিত অবস্থায় গড়াইয়া বাহির হইবার গর্ত দিয়া বাহিরে আসিয়া একটি লৌহপাত্রে জমা হইবার ব্যবস্থা করা থাকে। এই প্রকারের পরাবর্ত-চুল্লীকে ফ্লিণ্টসায়ার-ফারনেস্ (Flintshire Furnace) বলে। এই চুল্লীর একপ্রান্তে অবস্থিত উনান (oven) হইতে অগ্নিশিখা উত্থিত হইয়া চুল্লীর ছাদে ধাক্কা খাইয়া চুল্লীবক্ষে পতিত হয় এবং দীর্ঘ চুল্লীর একপ্রান্ত হইতে অপর প্রান্ত পর্যন্ত ঢেউয়ের মত চলিয়া যায়—ইহার দরজা ও জানালা খুলিয়া নিয়ন্ত্রিত বায়ুর উপস্থিতিতে মাধ্যমিক উষ্ণতায় গ্যালেনাকে ভর্জিত করিলে উহার কিছুটা জারিত হইয়া লেড অক্সাইড (PbO) এবং কিছুটা লেড সলফেট ($PbSO_4$)

উৎপন্ন হয় এবং কিছুটা লেড সলফাইড অজারিত থাকিয়া যায়। $2PbS+3O_2 =2PbO+2SO_2$; $PbS+2O_2=PbSO_4$ ।

চিত্র নং—50

(খ) ইহার পর চুল্লীতে কিছুটা পাথুরে চুন (CaO) যোগ করিয়া উহার দরজা ও জানালা বন্ধ করিয়া চুল্লীর উষ্ণতা বৃদ্ধি করিয়া চুল্লীবক্ষের পদার্থগুলিকে লোহিত তপ্ত করা হয়। তখন পূর্ব প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন PbO এবং $PbSO_4$ অবিকৃত PbS এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব লেড উৎপন্ন করে।

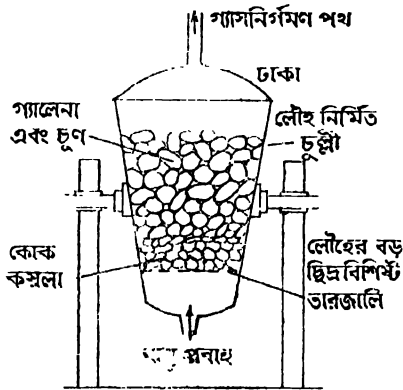
$$2PbO+PbS=3Pb+SO_2\ ;\quad PbSO_4+PbS=2Pb+2SO_2$$

উৎপন্ন লেড গলিত অবস্থায় চুল্লীবক্ষের খোঁদলে জমা হয় এবং সেখান হইতে বাহির হইবার গর্ত (tapping hole) দিয়া বাহির করিয়া লইয়া পূর্বে উল্লিখিত লৌহ-পাত্রে ধরা হয়। এই পদ্ধতিতে পাথুরে চুন বিগালকের কার্য করে এবং খনিজের অশুদ্ধির সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতুমল গঠন করে। এই পদ্ধতিতে অন্য কোন বিজারক পদার্থ ব্যবহৃত হয় না, তাই ইহাকে স্বতঃ-বিজারণ পদ্ধতি বলে।

(ii) **অঙ্গার বিজারণ পদ্ধতি** (Carbon-Reduction Process):—এই পদ্ধতির প্রয়োগে নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলি অনুসরণ করা হয়।

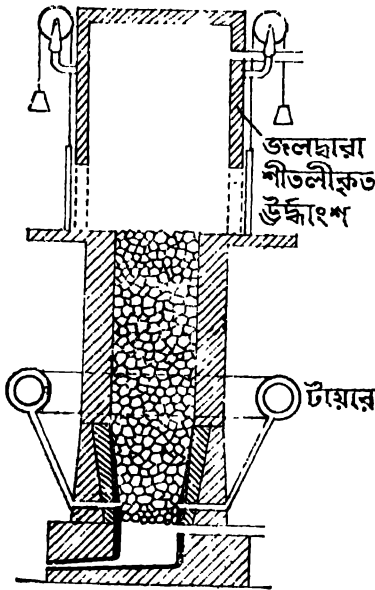
(ক) **আকরিকের গাঢ়ীকরণ** (Concentration of the ore):—আকরিককে প্রথমে অতি সূক্ষ্মভাবে চূর্ণ করিয়া লওয়া হয়। এই আকরিক-চূর্ণকে জলের এবং পাইন তৈলের সহিত মেশানো হয়। পরে মিশ্রণটিকে উক্ত মিশ্রণে ডোবানো সরু নলের ভিতর দিয়া বায়ু-প্রবাহ চালনা করিয়া মথিত করা হয়। ইহার ফলে প্রচুর ফেনা উৎপন্ন হয় এবং উক্ত ফেনার সহিত অন্য ধাতুর সলফাইড-গুলি ভাসিয়া উঠে, কিন্তু মাটি, বালি প্রভৃতি অশুদ্ধিগুলি (Gangue) ও ভারী

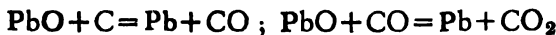
লেড সলফাইড পাত্রের নীচে জমা হয়। এইভাবে পাত্রের নীচে থিতান PbS ও মাটি বালির মিশ্রণ অন্য একটি পাত্রে লইয়া এই প্রক্রিয়া (Oil floatation Process) দ্বিতীয়বার সম্পন্ন করিলে ফেনার সহিত PbS উপরে উঠিয়া আসে। সেই লেড সলফাইড সমেত ফেনা সংগ্রহ করিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। এইভাবে যে গাঢ় খনিজ পাওয়া যায় তাহাতে লেড সলফাইডের পরিমাণ শতকরা 60 হইতে 63 ভাগ থাকে।

(খ) **জারণ :**—গাঢ়ীকৃত আকরিককে লৌহনির্মিত বালতির মতন ছোট ছোট চুল্লীতে উষ্ণ বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করা হয়। চুল্লীর উপরে একটি করিয়া ঢাকনা ও গ্যাস নির্গমনের জন্য নল লাগানো থাকে। ইহার তলদেশের কিছু উপরে লোহার ঝাঁঝরি এবং একেবারে তলদেশে বায়ুপ্রবেশের একটি নল লাগানো থাকে। ঝাঁঝরির উপর কোক কয়লার একটি স্তর রাখিয়া তাহার উপর সামান্য চুনের সহিত মিশাইয়া গাঢ় আকরিক রাখা হয়। প্রথমে বায়ুপ্রবাহে কোক পোড়াইয়া তাপ উৎপাদন করা হয়। পরে রাসায়নিক বিক্রিয়া হইতে যে তাপ উদ্ভূত হয় তাহাতেই চুল্লীতে প্রয়োজনীয় উষ্ণতা বজায় রাখে। নীচের বায়ুপ্রবেশের নল দিয়া ক্রমাগত উত্তপ্ত বায়ু পরিচালিত করা হয়। ইহার ফলে লেড সলফাইড লেড অক্সাইডে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন সলফার ডাই অক্সাইড গ্যাস বায়ুপ্রবাহের সঙ্গে গ্যাস নির্গমন নল দিয়া বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন লেড অক্সাইড উচ্চ উষ্ণতায় তাল পাকাইয়া যায় (sintered mass)। চুন বিক্রিয়াটিকে সম্পূর্ণ করিতে এবং উৎপন্ন পদার্থের তাল পাকানোয় সাহায্য করে। সামান্য লেড সলফাইড লেড সলফেটে পরিণত হয়।

চিত্র নং—51

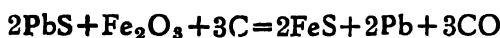
$$2PbS + 3O_2 = 2PbO + 2SO_2 \; ; \quad PbS + 2O_2 = PbSO_4.$$

বিক্রিয়া শেষ হইলে ঢাকনা সরাইয়া লইয়া চুল্লীটিকে উপুড় করা হয় এবং তাহাতে তাল পাকানো উৎপন্ন দ্রব্য বাহির হইয়া আসে।

(ii) তাল-পাকানো উৎপন্ন পদার্থকে ছোট ছোট টুকরায় ভাঙ্গিয়া কোক-কয়লা, লৌহের আকরিক (হেমেটাইট, Fe_2O_3), ও সামান্য চুন বিগালক হিসাবে (flux) যোগ করিয়া একটি মারুত চুল্লীতে অগ্নিদগ্ধ করা হয়। কপারের নিষ্কাশনে যে বায়ুচুল্লী ব্যবহৃত হয় এখানেও সেই প্রকারের বায়ুচুল্লীই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বায়ুচুল্লীটি ইস্পাতের তৈয়ারী এবং ইহার ভিতরটায় অগ্নিসহ ইষ্টকের আস্তরণ দেওয়া। ইহা প্রায় 50 ফুট উচ্চ। চুল্লীর উপর দিকে অবস্থিত প্রবেশদ্বার দিয়া মিশ্রিত পদার্থগুলি চুল্লীতে ঢালিয়া দেওয়া হয়। চুল্লীর উপরের দিকে উৎপন্ন গ্যাস বাহির হইবার পথ থাকে। চুল্লীর উপরের অংশ নলের সাহায্যে ঠাণ্ডা জল চালনা করিয়া শীতল রাখা হয়। চুল্লীর নীচের অংশে একটি ছোট প্রকোষ্ঠ আছে। সেইখানে উৎপন্ন লেড ধাতুমলের নীচে জমা হয়। চুল্লীর নিম্নের অংশের পার্শ্ব দিকে সংযুক্ত কয়েকটি নলের (tuyeres) সাহায্যে উত্তপ্ত এবং শুষ্ক বায়ু প্রচুর পরিমাণে চুল্লীর ভিতর চালিত করা হয়। প্রথমে উষ্ণ বায়ুতে কিছুটা কোক পুড়িয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং ইহাতে প্রচুর তাপ উদ্ভূত হয়। উচ্চ উষ্ণতায় লেড অক্সাইড কার্বন ও কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতব লেড উৎপন্ন করে।

চিত্র নং—52

$$PbO + C = Pb + CO \; ; \; PbO + CO = Pb + CO_2$$

যদি কোন লেড সলফাইড অবিকৃত থাকে তাহা উচ্চ উষ্ণতায় লেড অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লেডে পরিণত হয়। $PbS + 2PbO = 3Pb + SO_2$

অবশিষ্ট অবিকৃত লেড সলফাইড কার্বনের উপস্থিতিতে আয়রণের আকরিকের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব লেড উৎপন্ন করে।

$$2PbS + Fe_2O_3 + 3C = 2FeS + 2Pb + 3CO$$

চুল্লীর নীচের দিকে উষ্ণতা বেশী। তাই বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন লেড এখানে আসিয়া গলিয়া যায় এবং তরল লেড নীচের প্রকোষ্ঠে জমা হয়।

খনিজের মধ্যে যে বালি থাকে তাহা চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল গলিত অবস্থায় উৎপন্ন করে। $CaO + SiO_2 = CaSiO_3$

ক্যালসিয়াম সিলিকেট ও ফেরাস সলফাইড ধাতুমল গলিত অবস্থায় গলিত লেডের উপর ভাসিতে থাকে। দুইটি পৃথক ছিদ্র পথে গলিত ধাতুমল এবং গলিত ধাতব লেড চুল্লী হইতে বাহির করিয়া লওয়া হয়।

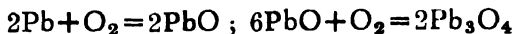
উৎপন্ন লেডে সামান্য সিলভার, কপার, অ্যান্টিমনি, আর্সেনিক, আয়রণ, বিসমাথ, সলফার প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে এবং যদিও বিশুদ্ধ লেড খুবই নরম কিন্তু এই অশুদ্ধিগুলি লেডের সহিত মিশ্রিত থাকার ফলে উৎপন্ন লেড শক্ত হয়। এই অশুদ্ধিগুলিকে অপসারিত করিলে লেড নরম হয় এবং সেইজন্য অশুদ্ধিগুলিকে অপসারণের পদ্ধতিকে লেডের মৃদুকরণ (Softening of lead) বলে। অশুদ্ধিযুক্ত লেডকে পরাবর্ত চুল্লীবক্ষে রাখিয়া বায়ুর সংস্পর্শে গলাইলে সিলভার ছাড়া অন্য সমস্ত ভেজাল ধাতুগুলি ও সলফার জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। আর্সেনিক অক্সাইড (As_2O_3) এবং সলফার ডাই-অক্সাইড (SO_2) উড়িয়া যায় এবং অন্য ধাতব অক্সাইডগুলি গাদের (Scum) মত উৎপন্ন সামান্য লেড অক্সাইডের (PbO) সহিত গলিত লেডের উপরে ভাসিতে থাকে। গাদকে তরল অবস্থায় চাঁচিয়া ফেলা হয়। এইভাবে নরম লেড উৎপন্ন হয়। কিন্তু এই উপায়ে সিলভার তাড়ানো যায় না। ইহার জন্য বিশেষ পদ্ধতি [পার্কস্‌এর (Parkes') অথবা বেট্‌এর (Bett's) পদ্ধতি] প্রয়োগ করিয়া সিলভার সংগ্রহ করা হয়।

[**বেট্‌এর পদ্ধতি** (Bett's Process):—লেড সিলিকোফ্লুয়োরাইডের ($PbSiF_6$) দ্রবণে হাইড্রোফ্লুয়োসিলিসিক অ্যাসিড এবং একটু জিলেটিন (gelatin) যোগ করিয়া তড়িৎকোষে (electrolytic cell) রাখা হয়। অশুদ্ধ লেডের দণ্ডকে অ্যানোডরূপে এবং বিশুদ্ধ লেডের পাতকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করিয়া তড়িৎ-কোষের দ্রবণের ভিতর দিয়া তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে বিশুদ্ধ লেড ক্যাথোডে জমা হয়। অশুদ্ধিগুলি হয় দ্রবণে চলিয়া যায় অথবা কাদার মত তড়িৎকোষে অ্যানোডের নীচে (anode mud) জমে। এই কাদার মত দ্রব্য হইতেই বিশেষ প্রক্রিয়ায় পোড়াইয়া সিলভার নিষ্কাষিত করা হয়।]

লেডের ধর্ম: ভৌতধর্ম:—বিশুদ্ধ লেডের বর্ণ রূপার মত উজ্জ্বল সাদা,

কিন্তু সাধারণতঃ ইহাকে নীলাভধূসর বর্ণের দেখা যায়। ইহা খুবই নরম এবং প্রসার্যমান। ইহাকে ছুরি দিয়া কাটা যায় এবং হাতুড়ী দ্বারা আঘাত করিলে ইহা চওড়া পাতে পরিণত হয়। ইহা কাগজে ঘষিলে কাল দাগ পড়ে। ইহা অত্যন্ত ভারী, ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 11·34। ইহা উত্তাপ প্রয়োগে সহজেই গলিয়া যায়, ইহার গলনাঙ্ক 327°·4 সেন্টিগ্রেড। বায়ুশূন্য অবস্থায় (in vacuum) লেডের স্ফুটনাঙ্ক 1200° সেন্টিগ্রেড এবং 1870° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহার বাষ্পীয় ঘনত্ব ইহার অণুকে এক-পরমাণুক (monatomic) বলিয়া প্রমাণ করে।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ বায়ুর ক্রিয়া ঃ—লেডের উপর সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক বায়ুর কোন বিক্রিয়া হয় না। আর্দ্র বায়ুতে লেডের উপর প্রথমে লেড হাইড্রক্সাইডের [$Pb(OH)_2$] এবং পরে ক্ষারকীয় লেড কার্বনেটের [$PbCO_3$, $Pb(OH)_2$] একটি স্তর পড়ে, তাহাতে ধাতুর ঔজ্জ্বল্য নষ্ট হইয়া যায়। এই স্তরের উপর বায়ুর আর কোন বিক্রিয়া হয় না। সেইজন্য বাড়ীর ছাদ লেডের পাত দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয়। ক্ষারকীয় লেড কার্বনেটের আস্তরণের নীচে লেড অনেকদিন অবিকৃত অবস্থায় থাকে। বায়ুতে বা অক্সিজেনে লেডকে উত্তপ্ত করিলে প্রথমে লিথার্জ (PbO) এবং পরে রেড লেড (red lead, Pb_3O_4) গঠিত হয়।

$$2Pb+O_2=2PbO \text{ ; } 6PbO+O_2=2Pb_3O_4$$

তীব্র উত্তাপে 460° সেন্টিগ্রেডের উপর উষ্ণতায় রেড লেড ভাঙ্গিয়া গিয়া কেবলমাত্র লিথার্জ পড়িয়া থাকে।

জলের ক্রিয়া ঃ—বিশুদ্ধ জল দ্বারা লেড সাধারণ উষ্ণতায় আক্রান্ত হয় না, কিন্তু ফুটন্ত জল দ্বারা লেড আক্রান্ত হয় এবং ধীরে ধীরে ষ্টীমকে অতি উচ্চ উষ্ণতায় বিভাজিত করে। যে জলে বায়ু দ্রাবিত অবস্থায় থাকে সেই জল দ্বারা লেড অতি দ্রুত আক্রান্ত হয় এবং লেডের উপর জলের বিক্রিয়ায় একটি সহজে অপসার্য লেড হাইড্রক্সাইডের আস্তরণ পড়ে ; এই লেড হাইড্রক্সাইডের আস্তরণ জলে কিছুটা দ্রাব্য।

$$2Pb+2H_2O+O_2=2Pb\,(OH)_2.$$

জলে লেড হাইড্রক্সাইড দ্রাবিত হইলে সেই জল বিষাক্ত হইয়া থাকে। সেই বিষক্রিয়া একদিনে প্রকাশ পায় না, দিনে দিনে শরীরের ভিতর লেড জমা হইতে থাকে এবং সহসা একদিন যখন ঠিক পরিমাণের লেড শরীরে জমা হয় তখন বিষক্রিয়া দেখা দেয়। সেই কারণে লেডের উপর জলের বিক্রিয়ার বিশেষ বিবরণ জানা সম্যক-

রূপে প্রয়োজন। জলে দ্রবীভূত দ্রব্যের প্রকৃতির উপর জলের লেডের সহিত বিক্রিয়া নির্ভর করে :—

(i) বায়ুবিহীন পাতিত জল লেডের সহিত কোন বিক্রিয়া করে না। কিন্তু পাতিত জলে যদি অক্সিজেন বা বায়ু দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে তবে ঈষৎ দ্রাব্য $Pb(OH)_2$ (লেড হাইড্রক্সাইড) গঠিত হয়। বায়ুর কার্বন ডাই-অক্সাইড ইহার সংস্পর্শে আসিলে উহা লেড হাইড্রক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্ষারকীয় লেড কার্বনেটের স্তর লেডের উপর গঠিত করে এবং তাহার ফলে লেডকে হাইড্রক্সাইড-রূপে দ্রাবিত হওয়ার হাত হইতে রক্ষা করে।

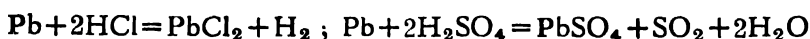
(ii) আবার জলে যদি এমন কোন পদার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে যাহা লেডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া জলে দ্রাব্য লেডের যৌগ উৎপন্ন করে তবে সেই জল দ্রুত লেডকে ক্ষয় করে এবং জলে দ্রাব্য লেডের লবণ উৎপন্ন হইয়া জলকে বিষাক্ত করিয়া তোলে। ধাতব নাইট্রেট বা অ্যামোনিয়াম লবণ জলে দ্রাবিত অবস্থায় থাকিলে লেড আক্রান্ত হয় এবং লেডনাইট্রেট ও অন্যান্য লেডের দ্রাব্য যৌগ উৎপন্ন হইয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া যায়।

(iii) জলে যদি এমন কোন লবণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে যাহা লেডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লেডের জলে অদ্রাব্য যৌগ উৎপন্ন করে তবে প্রথমে সেই প্রকার জল সামান্য পরিমাণ লেড দ্রাবিত করিলেও পরে উহাতে লেডের দ্রাব্যতা একেবারে থামিয়া যায়, কারণ উক্ত লবণগুলির লেডের সহিত বিক্রিয়ায় লেডের গায়ে উৎপন্ন অদ্রাব্য দ্রব্যের স্তর পড়ে এবং উহা ভেদ করিয়া আর জল লেডকে আক্রমণ করিতে পারে না। জলে ফসফেট্, কার্বনেট, সলফেট প্রভৃতি লবণ দ্রাবিত অবস্থায় থাকিলে লেড ফসফেট্, লেড কার্বনেট এবং লেড সলফেটের অদ্রাব্য আস্তরণ লেডের উপর উৎপন্ন হয়।

খর জলে (Hard water) উক্ত প্রকার লবণ থাকে। তাই পানীয় জল যদি খর হয় তবে তাহাকে সীসার নলের ভিতর দিয়া সরবরাহ করিতে পারা যায়। কিন্তু জল যদি মৃদু হয় তবে দ্রাবিত বায়ুর উপস্থিতিতে উহা লেডকে দ্রাবিত করিবে। তাই মৃদু জলকে খড়িমাটির ($CaCO_3$) স্তর অথবা প্রাণিজ অঙ্গারের (animal charcoal) স্তরের মধ্য দিয়া অতিক্রম করাইয়া পরে লেডের নলের ভিতর দিয়া পানীয় জলরূপে সরবরাহ করিলে সেইজলে লেড দ্রাবিত হইতে না পারায় জলের বিষক্রিয়া হইতে পায় না।

লেডের বিষক্রিয়া ধীরে ধীরে হয়, একথা আগেই বলা হইয়াছে। এই বিষক্রিয়া যে হইতেছে তাহা মাড়ির প্রান্তে নীল দাগ হইতে বুঝা যায়।

অ্যাসিডের ক্রিয়া :—পাতলা হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিড বা পাতলা সলফিউরিক-অ্যাসিড লেডের সহিত কোন বিক্রিয়া করে না। উত্তপ্ত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক বা সলফিউরিক অ্যাসিড ধীরে ধীরে লেডকে আক্রমণ করে বটে, কিন্তু লেডের উপর উৎপন্ন অদ্রাব্য লেড ক্লোরাইড বা লেড সলফেটের স্তর পড়ে বলিয়া ক্রমশঃ বিক্রিয়ার বেগ কমিয়া আসে ;

$$Pb+2HCl=PbCl_2+H_2\ ;\ Pb+2H_2SO_4=PbSO_4+SO_2+2H_2O$$

পাতলা বা ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড সকল অবস্থাতেই লেডকে দ্রবীভূত করে :

$$3Pb+8HNO_3=3Pb(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$ (পাতলা ও ঠাণ্ডা অ্যাসিড)

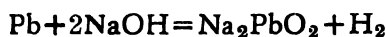
$$Pb+4HNO_3=Pb(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$ (ঘন উষ্ণ অ্যাসিড)

তবে উৎপন্ন লেড নাইট্রেট ঘন অ্যাসিডে অদ্রাব্য বলিয়া লেডের উপর উহার স্তর জমিয়া যায় এবং তখন ঘন নাইট্রিক অ্যাসিড আর লেডের সহিত বিক্রিয়া করিবার সুযোগ পায় না। বায়ুর উপস্থিতিতে জৈব অ্যাসিড যথা অ্যাসিটিক অ্যাসিড, লেডকে দ্রবীভূত করে।

ক্লোরিণ ও সলফারের সহিত লেডকে উত্তপ্ত করিলে যথাক্রমে লেড ক্লোরাইড ও লেড সলফাইড উৎপন্ন হয়।

কোন দ্রাব্য লেডের লবণের দ্রবণে একটি জিঙ্কের দণ্ড রাখিলে উক্ত লবণ হইতে লেড পৃথক হইয়া শাখা-প্রশাখা বিস্তার করিয়া একটি গাছের আকারে কেলাসিত হয়। এই প্রকারের লেডের কেলাসকে **লেড-বৃক্ষ** (Lead-tree) বলে।

তীব্র ক্ষারের ক্রিয়া :—তীব্র ক্ষারের (কষ্টিক-সোডা বা কষ্টিক পটাসের) সহিত লেডকে উত্তপ্ত করিলে উহা ধীরে ধীরে দ্রবীভূত হইয়া প্লাম্বাইট (Plumbite) নামক লবণ উৎপন্ন করে।

$$Pb+2NaOH=Na_2PbO_2+H_2$$

সোডিয়াম প্লাম্বাইট

যদিও লেড তড়িৎ-রাসায়নিক শ্রেণীতে টিনের পরে আছে তাহা হইলেও টিনের লবণের প্রশম দ্রবণ হইতে লেড টিনকে প্রতিস্থাপিত করে বলিয়া উল্লেখ আছে।

লেডের ব্যবহার :—বায়ুর দ্বারা বিশেষভাবে আক্রান্ত হইয়া নষ্ট হয় না বলিয়া এবং সস্তায় পাওয়া যায় বলিয়া লেড জলের নল, ঘরের ছাদের আচ্ছাদনী,

সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের প্রকোষ্ঠ, ব্যাটারী, বন্দুকের গুলি, ছাপাখানার টাইপ, ঝালাই-ধাতু প্রভৃতি উৎপাদনে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। ইহার তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা খুব কম বলিয়া ইহা তড়িৎবাহী তারের আবরণ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। রাসায়নিক দ্রব্য উৎপাদনে, যেখানে সলফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শ থাকে (যথা, অ্যালম) সেখানে লেডের আস্তরণ দেওয়া কাঠের বড় বড় ট্যাঙ্ক ব্যবহৃত হয়। হোয়াইট লেড (white lead) নামক লেডের সাদা রংএর গুঁড়া (white pigment) উৎপাদনেও লেড ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহা ছাড়া নানাপ্রকার লেডের সংকর ধাতু (lead alloys) প্রস্তুত করিতেও ধাতব লেড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

নিম্নে কয়েকটি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য লেড-সংকরের নাম ও ব্যবহার দেওয়া হইল :—

(i) **অক্ষর প্রস্তুতের ধাতু সংকর** (**Type metal,** লেড শতকরা 60 ভাগ, অ্যান্টিমনি শতকরা 30 ভাগ এবং টিন শতকরা 10 ভাগ)—ইহা দ্বারা ছাপাখানার অক্ষর প্রস্তুত করা হয়।

(ii) **ঝালাই ধাতু সংকর** (**common Solder**)—ইহাতে লেড শতকরা 50 ভাগ এবং টিন শতকরা 50 ভাগ থাকে। ইহা ঝালাইএর কাযে ব্যবহৃত হয়।

(iii) **পিউটার** (**Pewter**)—ইহাতে শতকরা 20 ভাগ লেড এবং 80 ভাগ টিন থাকে। ইহা পুরাতন ধরণের পিউটারের গঠন। বর্তমানের পিউটার টিন অ্যান্টিমনি, কপার এবং বিস্‌মাথের সংকর। ইহা দ্বারা নানাপ্রকার ঘরের সৌন্দর্য বৃদ্ধিকারক পাত্রাদি প্রস্তুত হয়।

(iv) **ফ্রারী ধাতু সংকর** (**Frary metal**)—ইহা শতকরা 1 ভাগ ক্যালসিয়াম, 2 ভাগ বেরিয়াম এবং বাকী লেডের মিশ্রণে প্রস্তুত। ইহা মেসিনের বেয়ারিংএ (bearings) ব্যবহৃত হয়।

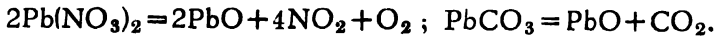
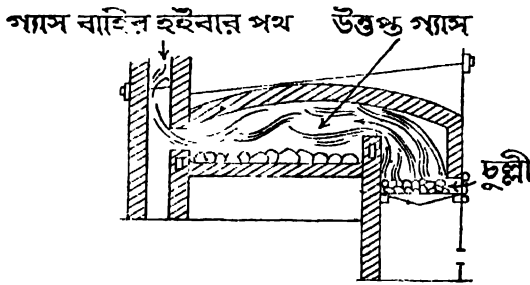
(v) শতকরা 1 ভাগ টেলিউরিয়াম লেডে যোগ করিয়া লেডকে শক্ত করা হয়।

(vi) শতকরা 10 ভাগ অ্যান্টিমনি লেডে যোগ করিলে অ্যান্টিমনি ঘটিত লেড (antimonial lead) উৎপন্ন হয়। ইহা অ্যাসিড বা ক্ষার দ্বারা সহজে আক্রান্ত হয় না, তাই ইহা ক্ষারীদ্রব্য (corrosive) ব্যবহারের পাত্রের পাম্পে, সঞ্চয়ী কোষ নির্মাণে (storage battery) এবং সলফিউরিক অ্যাসিড রাখার পাত্রের স্টপককে ব্যবহৃত হয়।

লেডের যৌগ ঃ—

লেড মনোক্সাইড (Lead monoxide, PbO) ঃ—ইহার দুইটি রূপ, (i) ম্যাসিকট (massicot) হলুদ রংএর গুঁড়া, এবং (ii) লিথার্জ (Litherge), ইহা লালচে আভাযুক্ত হলুদ রংএর স্ফটিক।

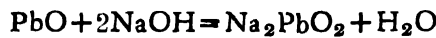
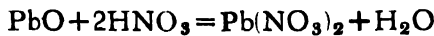
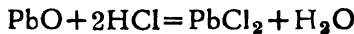
প্রস্তুতি ঃ—পরীক্ষাগারে লেড নাইট্রেট বা লেড কার্বনেটকে উত্তাপ প্রয়োগে বায়ুর উপস্থিতিতে বিয়োজিত করিলে ম্যাসিকট পাওয়া যায়।

$$2Pb(NO_3)_2 = 2PbO + 4NO_2 + O_2 \; ; \; PbCO_3 = PbO + CO_2.$$

পণ্য উৎপাদন ঃ—একটি বিশেষ ধরণের পরাবর্ত চুল্লীতে (Reverberatory Furnace) লেড রাখিয়া উহাকে গলাইয়া উহার উপর দিয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। তাহাতে প্রথমে হলুদ রংএর গুঁড়া ম্যাসিকট উৎপন্ন হয়। উক্ত হলুদ রংএর গুঁড়াকে আরও উত্তপ্ত করিলে উহা 879° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলিয়া যায় এবং উহার রংও পরিবর্তিত হইয়া কালো হয়। উপর হইতে এই গলিত পদার্থ অপসারিত করিয়া ঠাণ্ডা করিলে উহা লালচে আভাযুক্ত হলুদ বর্ণের স্ফটিকের আকারে পরিণত হয় এবং ইহাই লিথার্জ নামে অভিহিত হয়।

চিত্র নং—53

লিথার্জের ধর্ম ঃ—ইহা একটি উভধর্মী অক্সাইড। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু ইহা অ্যাসিড এবং ক্ষার উভয়েই দ্রাবিত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে।

$$PbO + 2HCl = PbCl_2 + H_2O$$

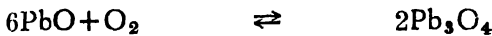
$$PbO + 2HNO_3 = Pb(NO_3)_2 + H_2O$$

$$PbO + 2NaOH = Na_2PbO_2 + H_2O$$

ইহা 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা, 310° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় হাইড্রোজেন দ্বারা এবং 5:0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কার্বন দ্বারা বিজারিত হয়।

ব্যবহার ঃ—ইহা লেডের লবণ প্রস্তুতে, রেড লেড উৎপাদনে, কাচ প্রস্তুতিতে,

রং হিসাবে (paints and varnishes), এবং চীনামাটির বাসনে উজ্জ্বল প্রলেপ (glaze) দেওয়ার জন্য ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

রেড লেড, মিনিয়াম (Red lead or minium); টাইপ্লাম্বিক টেট্রক্সাইড (Pb_3O_4), মেটেসিন্দূর :—

রেড লেডের পণ্য উৎপাদন :—লেডের ছিবড়া লইয়া প্রথমে বায়ুতে কম তাপে উত্তপ্ত করিয়া ম্যাসিকট (PbO) উৎপন্ন করা হয়। এইভাবে উৎপন্ন ম্যাসিকটকে সংগ্রহ করিয়া গুঁড়া করিয়া চালুনি (Sieve) দিয়া ছাঁকিয়া অপরিবর্তিত লেড (যাহা হাতুড়ির আঘাতে পাতে পরিণত হয়) পৃথক করা হয়। ম্যাসিকটের গুঁড়াকে একটি দুই মুখ খোলা পরাবর্ত চুল্লীতে লইয়া অতিরিক্ত বায়ুর পরিবেশে 400° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ৪৮ ঘণ্টা ধরিয়া উত্তপ্ত করা হয়। উৎপন্ন রেড লেডকে ধৌত করিয়া শুষ্ক করা হয়। $6Pb+3O_2=6PbO$; $6PbO+O_2=2Pb_3O_4$ হোয়াইট লেডকেও [White lead, $2PbCO_3$, $Pb(OH)_2$]400° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে রেড লেড পাওয়া যায়। উৎপন্ন রেড লেডএ সামান্য PbO মিশিয়া থাকে। ইহা শতকরা 10 ভাগ কষ্টিক পটাসযুক্ত দ্রবণ দ্বারা ধৌত করিলে অপসারিত হয় এবং শতকরা 99·7 ভাগ বিশুদ্ধ রেড লেড পাওয়া যায়। এই প্রক্রিয়ায় উষ্ণতা একটি নির্দিষ্ট সীমার ভিতর রাখিতে হয়, কারণ 470° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় রেড লেড বিয়োজিত হইয়া লিথার্জ ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$6PbO+O_2 \underset{\text{470° সেন্টিগ্রেডের বেশী উষ্ণতায়}}{\overset{\text{380°–400° সেন্টিগ্রেড}}{\rightleftharpoons}} 2Pb_3O_4$$

রেড লেডের ধর্ম :—ইহা একটি ঘোর লাল স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা জলে অদ্রাব্য। পাতলা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা PbO এবং PbO_2-এর মিশ্রণের মত ব্যবহার দেখায়। ইহা প্লাম্বাস অর্থোপ্লামবেট, $Pb_2(PbO_4)$, অথবা ইহাকে 2PbO, PbO_2 এই সংকেত দ্বারাও প্রকাশ করা যায়।

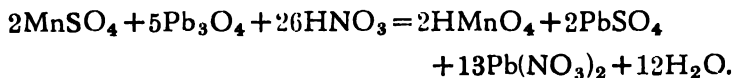
উষ্ণ ও পাতলা অথবা ঠাণ্ডা ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা লেড নাইট্রেটের দ্রবণ ও বাদামী রংএর অদ্রাব্য লেড ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে :—$Pb_3O_4+4HNO_3=2Pb(NO_3)_2+PbO_2+2H_2O$

ইহার জারণ-ক্ষমতা বিশেষ উল্লেখযোগ্য। তাই ইহার সহিত গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডকে উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিড জারিত হইয়া ক্লোরিণ দেয় :—

$$Pb_3O_4+8HCl=3PbCl_2+Cl_2+4H_2O$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত রেড লেডকে উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় :— $2Pb_3O_4+6H_2SO_4=6PbSO_4+6H_2O+O_2$

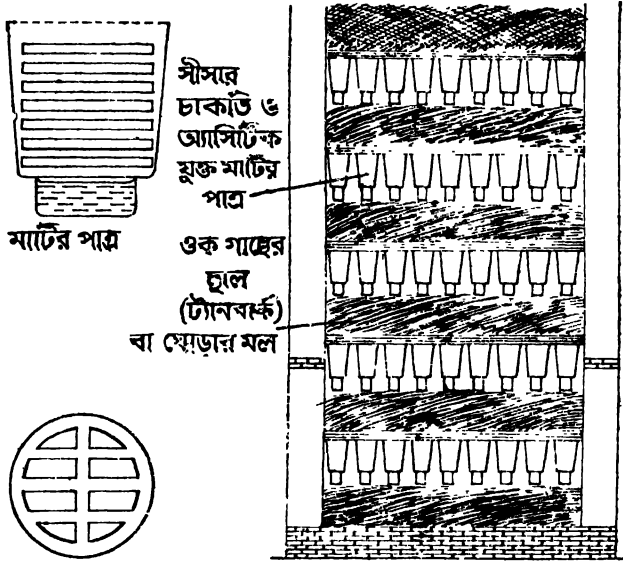
ম্যাঙ্গানিজের লবণের সহিত রেড লেড মিশাইয়া গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে পারম্যাঙ্গানিক-অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। পাত্রটি রাখিয়া দিলে অদ্রাব্য দ্রব্যাদি থিতাইয়া যায় এবং উপরের দ্রবণে পারম্যাঙ্গানিক অ্যাসিডের বেগুনী রং দেখা যায়। রেড লেড ম্যাঙ্গানিজের লবণকে জারিত করে এবং দ্বিযোজী ম্যাঙ্গানিজকে সপ্তযোজী ম্যাঙ্গানিজে পরিবর্তিত করে।

$$2MnSO_4+5Pb_3O_4+26HNO_3=2HMnO_4+2PbSO_4+13Pb(NO_3)_2+12H_2O.$$

ব্যবহার :—রেড লেড সাধারণতঃ ফ্লিন্ট-কাচ ও দিয়াশলাই প্রস্তুতে, লোহার মরিচা ধরা নিবারণে রং হিসাবে (paint) এবং প্রবল জারকরূপে ব্যবহৃত হয়।

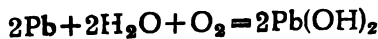
হোয়াইট-লেড (White lead), সীসশ্বেত বা সফেদা :—ইহা লেডের ক্ষারকীয় কার্বনেট এবং ইহার সংকেত হইল $2PbCO_3, Pb(OH)_2$।

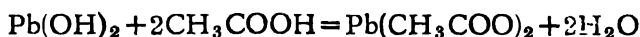
পণ্য-উৎপাদন :—ডাচপদ্ধতিতে (Duch Process) উৎপন্ন হোয়াইট লেডেরই উত্তম ধর্ম দেখা যায়। এই পদ্ধতিতে মাটির বড় বড় পাত্র লওয়া হয়। এই পাত্রগুলির তলদেশ ছবিতে দেখান মত ভাবে তৈয়ারী। এই পাত্রের তলদেশের প্রায় তিন-চতুর্থাংশ ভর্তি করিয়া ভিনিগার (vineger, একটি শতকরা 3 ভাগ অ্যাসিটিক অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণ) লওয়া হয়। তাহার উপর ঝাঁঝরিযুক্ত-সেলফ (ledge বা perforated shelf) রাখিয়া সেল্ফের উপর লেডের সচ্ছিদ্র-পাত (sheet lead) রাখা হয়। এইরূপে সাজানো কতকগুলি মাটির পাত্রকে একটি ঘরের মেঝেয় (floor of a chamber) ঘোড়ার গোবর (horsedung) রাখিয়া তাহার উপর এক সারিতে সাজানো হয়। তাহার উপর একখানি কাঠ ফেলিয়া উহাদের ঢাকা দিয়া আবার তাহার উপর ঘোড়ার গোবর রাখা হয় এবং সেই গোবরে আর একসারি পাত্র সাজানো হয়। এইভাবে ঘরের ছাদ পর্যন্ত পাত্রগুলি সাজানো হয়। ঘোড়ার গোবরের পরিবর্তে চামড়া

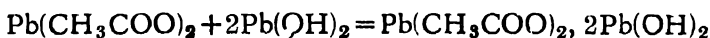
শোধনকারী গাছের ছালের (tanbark) ব্যবহারও হইয়া থাকে। এইভাবে সাজাইয়া পাত্রগুলিকে ঘরের ভিতর 8 হইতে 12 সপ্তাহ ফেলিয়া রাখা হয়।

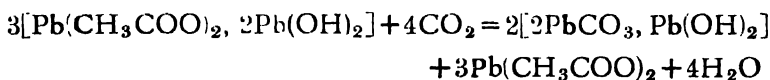
চিত্র নং—54

ঘোড়ার গোবর বা চামড়া শোধনকারী গাছের ছালের কায হইল এই যে উহারা পচিবার (fermentation) সময় দুইটি কার্য করে:—(i) একটি হইল তাপোৎপাদন এবং তাহার ফলে মাটির পাত্রের তলায় অবস্থিত অ্যাসিটিক অ্যাসিডের দ্রবণ হইতে অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্প উৎপাদন। এই অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্প লেডের সহিত সংস্পর্শে আসিয়া বায়ুর উপস্থিতিতে বিক্রিয়া ঘটায়। (ii) এই পচনক্রিয়ার ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং উক্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে।

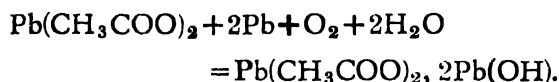
বিক্রিয়া:—প্রথমে পাত্রস্থ লেড বায়ুর অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্প দ্বারা আক্রান্ত হইয়া লেড হাইড্রক্সাইড গঠন করে:

$$2Pb+2H_2O+O_2=2Pb(OH)_2$$

(ii) সামান্য অ্যাসিটিক অ্যাসিডের বাষ্প এই লেড হাইড্রক্সাইডকে দ্রবীভূত করিয়া সামান্য লেড অ্যাসিটেট গঠন করে :—

$$Pb(OH)_2+2CH_3COOH=Pb(CH_3COO)_2+2H_2O$$

(iii) উৎপন্ন লেড অ্যাসিটেট অতিরিক্ত লেড হাইড্রক্সাইডের সহিত সংযুক্ত হইয়া ক্ষারকীয় লেড অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে।

$$Pb(CH_3COO)_2+2Pb(OH)_2=Pb(CH_3COO)_2, 2Pb(OH)_2$$

(iv) এই ক্ষারকীয় লেড অ্যাসিটেট পচনের ফলে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া শমিত লেড অ্যাসিটেট ও ক্ষারকীয় লেড কার্বনেট বা হোয়াইট লেড গঠন করে :—

$$3[Pb(CH_3COO)_2, 2Pb(OH)_2]+4CO_2=2[2PbCO_3, Pb(OH)_2]$$
$$+3Pb(CH_3COO)_2+4H_2O$$

(v) শমিত লেড অ্যাসিটেট আবার লেড হাইড্রক্সাইডের (যাহা বায়ুর অক্সিজেন ও জলীয় বাষ্পের সহিত লেডের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়) সহিত যুক্ত হইয়া আরও ক্ষারকীয় লেড অ্যাসিটেট উৎপন্ন করে এবং বিক্রিয়াটি এইভাবে চলিতে থাকিয়া প্রায় সমস্ত লেড হোয়াইট লেডে পরিণত হয়।

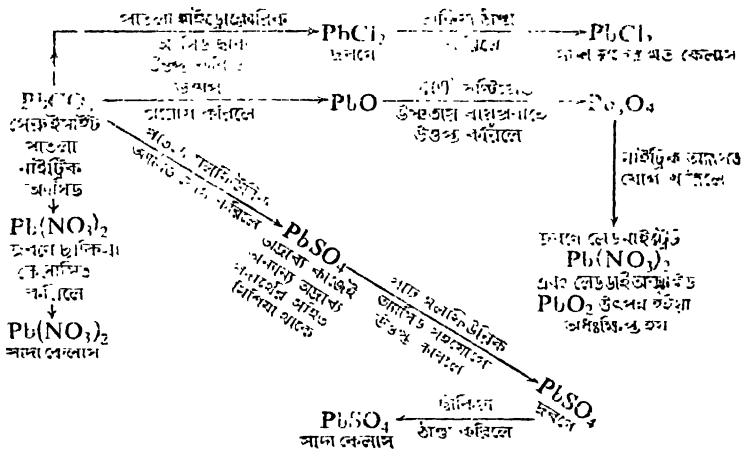
$$Pb(CH_3COO)_2+2Pb+O_2+2H_2O$$
$$=Pb(CH_3COO)_2, 2Pb(OH).$$

প্রায় বার সপ্তাহের পরে পাত্রগুলি বাহির করিয়া আনা হয় এবং তখন লেডের পাতগুলির গা হোয়াইট লেডের চাঙ্গর (Crust) দ্বারা আবৃত দেখা যায়। এই পাতগুলিকে নামাইয়া লইয়া চাঙ্গরগুলিকে পেশাই করার যন্ত্রে গুঁড়া করা (crushed) হয়। অপরিবর্তিত লেড হইতে উহাকে ছাড়াইয়া সূক্ষ্ম গুঁড়াগুলিকে জলে ধৌত করিয়া শুকাইয়া লওয়া হয়। অপরিবর্তিত লেড পুনরায় ব্যবহার করা হয়। এই প্রণালী যদিও খুব প্রাচীন এবং সময়-সাপেক্ষ, তাহা হইলেও এই প্রণালীতে প্রাপ্ত হোয়াইট লেড খুব উন্নত ধরণের হয়।

হোয়াইট লেডের ব্যবহার: ইহা তিসির তেলের (Linseed oil) সহিত মিশাইয়া সাদা রং হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহার আবরণ ক্ষমতা (covering power) খুব বেশী। অতি অল্প পরিমাণ হোয়াইট লেড দ্বারা খুব বেশী পরিমাণ স্থান ঢাকা দেওয়া যায়। ইহা তৈলচিত্র অঙ্কনে খুবই ব্যবহৃত হয়। কিন্তু ইহার ব্যবহারে দুইটি ত্রুটি দেখিতে পাওয়া যায়; প্রথমতঃ ইহা বিষাক্ত; দ্বিতীয়তঃ

ইহা বায়ুর ভিতর বর্তমান H_2S দ্বারা আক্রান্ত হইয়া কালো লেড সলফাইডে পরিবর্তিত হয়। তাই তৈলচিত্র বেশীদিন সাদা থাকে না, কালো হইয়া যায়। (হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্বারা উক্ত তৈলচিত্র ধৌত করিলে কালো লেড সলফাইড সাদা লেড সলফেটে পরিবর্তিত হয় এবং এই উপায়ে তৈলচিত্রের সাদা রং ফিরাইয়া আনা যায়। এই দুইটি ত্রুটি থাকার জন্য বর্তমানে লিথোপোন (Lithopone) নামে সাদা রং রঞ্জক (white pigment) হিসাবে খুব ব্যবহৃত হয়। ইহা জিঙ্ক-সলফাইড (ZnS) এবং বেরিয়াম সলফেটের ($BaSO_4$) মিশ্রণ। ইহার আবরণ ক্ষমতা (covering power) হোয়াইট লেডের তুলনায় অনেক কম। আবার ইহা সূর্যালোকপ্রাপ্ত স্থানে ব্যবহার করিলে কালো হইয়া যায়।

লেডের প্রাকৃতিক যৌগ হইতে লেডের বিভিন্ন যৌগ প্রস্তুতের ছক্ঃ

চিত্র নং—55

(জ) আয়রণ (Iron)

সংকেত Fe, পারমাণবিক ওজন 55·89, যোজ্যতা 2 এবং 3, আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·85, গলনাঙ্ক 1539° সেন্টিগ্রেড, স্ফুটনাঙ্ক 2450° সেন্টিগ্রেড।

সংস্কৃতে আয়রণকে "অয়স্" বলা হয় এবং বাংলা ভাষায় লৌহ বা লোহা বলিয়া ইহার উল্লেখ হইয়া থাকে। প্রাগৈতিহাসিক যুগ হইতে লৌহের ব্যবহার প্রচলিত দেখা যায়। সভ্যতার ক্রমবিকাশের সঙ্গে সঙ্গে কপারের পরই আয়রণের

সর্বাপেক্ষা বেশী ব্যবহার দেখিতে পাওয়া যায়। তাই তাম্রযুগের (Copper age) পরই **লৌহযুগের** (Iron age) উল্লেখ করা হয়। বর্তমানে এই লৌহযুগই চলিতেছে। এখন সামান্য স্চ ও কৃষিকার্যে ব্যবহৃত লাঙ্গলের ফলা হইতে বৃহৎ কামান পর্যন্ত যন্ত্রপাতি ও অস্ত্র-শস্ত্র এবং সকল প্রকার যানবাহন নির্মাণে লৌহ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। লৌহ প্রস্তুতের প্রণালী প্রাগৈতিহাসিক যুগ হইতে প্রচলিত দেখা যায়। প্রাচীন ভারতে অতিশয় বিশুদ্ধ এবং বিশেষ গুণবিশিষ্ট লৌহ উৎপাদন করা হইত তাহার অনেক প্রমাণ পাওয়া গিয়াছে। দিল্লীর প্রসিদ্ধ মরিচাবিহীন লৌহ-নির্মিত অশোক স্তম্ভ, ভুবনেশ্বরের মন্দিরের লৌহের কড়ি (beam), আবু পাহাড়ের লৌহের শিকল এই সমস্ত প্রস্তুতে ব্যবহৃত খুবই উন্নতধরণের লৌহপ্রস্তুতে প্রাচীন হিন্দুদের খুবই দক্ষতার পরিচয় পাওয়া যায়। তখনকার দিনে কোন্ প্রণালী দ্বারা ভারতে এত বিশুদ্ধ লৌহ উৎপাদন করা হইত তাহা জানিতে পারা যায় নাই।

আয়রণের অবস্থান :—পৃথিবীর বিভিন্ন স্থানে প্রচুর লৌহ-ঘটিত আকরিক দেখিতে পাওয়া যায়, কিন্তু ধাতব আয়রণ পৃথিবীতে দেখা যায় না। কেবল উল্কাতে (যাহা বহির্জগৎ হইতে পৃথিবী-বক্ষে পতিত হয়) সামান্য ধাতব আয়রণ দেখিতে পাওয়া যায়। অ্যালুমিনিয়ামের পরই ভূত্বকে আয়রণের পরিমাণের অঙ্ক, ইহা ভূত্বকের শতকরা 4·12 ভাগ। আয়রণ সাধারণতঃ ইহার নিম্নলিখিত যৌগ-রূপে প্রকৃতিতে পাওয়া যায় :—

(ক) **অক্সাইডরূপে** :—(i) ম্যাগনেটাইট (Magnetite) Fe_3O_4

(ii) রেড (বা লাল) হিমাটাইট (Red Haematite), Fe_2O_3

(খ) **জলযুক্ত অক্সাইডরূপে :** ব্রাউন (বাদামী) হিমাটাইট (Brown Haematite), $2Fe_2O_3, 3H_2O$

(গ) **কার্বনেটরূপে** :—(i) স্প্যাথিক আয়রণ আকরিক, স্প্যাথোজ অথবা সিডারাইট (Spathic iron ore, Spathose or Siderite) $FeCO_3$

(ii) ক্লে আয়রণ ষ্টোন (Clay iron stone), কাদা মাটিযুক্ত $FeCO_3$

(iii) ব্ল্যাকব্যাণ্ড আয়রণ ষ্টোন (Blackband ironstone), কয়লাযুক্ত $FeCO_3$

(ঘ) **সলফাইডরূপে,** (i) আয়রণ পাইরাইটিস্ (iron pyrites), FeS_2
(ii) মার্কাসাইট (Marcasite), FeS_2

আয়রণ পাইরাটাইসে অত্যধিক সলফার থাকার জন্য ইহাকে আয়রণের আকরিক হিসাবে ব্যবহার করা হয় না; ইহা সলফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় সলফার ডাই-অক্সাইড প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

গাছের পাতায় যে সবুজ পদার্থ আছে এবং প্রাণীর রক্তে যে লাল রং এর পদার্থ হেমোগ্লোবিন, (Haemoglobin) দেখা যায় তাহাতে লৌহের অস্তিত্ব দেখা যায়।

ভারতে প্রচুর লৌহখনিজ আছে এবং ইহাদের অধিকাংশই উচ্চশ্রেণীর হিমাটাইট অথবা ম্যাগনেটাইট। সিংভূমের রাজপুরষ্টেটে, ঘাটশীলায়, ময়ূরভঞ্জের গুরুমৈশানীতে, কিয়োনঝোরে, মহীশূরে ও চাঁদ ও দূর্গ জেলায় খুব উচ্চশ্রেণীর হিমাটাইট দেখা যায়। বাদাম পাহাড়ে ম্যাগনেটাইট পাওয়া যায়। পশ্চিমবাংলার বীরভূমে লালপাথরের মধ্যে হিমাটাইট আছে।

ভারতে আয়রণ নিষ্কাশন অনেকদিন হইতেই চলিয়া আসিতেছে। বর্তমানে পূর্ব হইতে প্রচলিত নাম করিবার মত আয়রণ ফ্যাক্টরী হইল (i) টাটা আয়রণ ও ষ্টীল কোম্পানী—জামসেদপুরে অবস্থিত; (ii) ইণ্ডিয়ান আয়রণ ও ষ্টীল কোম্পানী—বার্ণপুর ও কুলটিতে অবস্থিত; (iii) মহীশূর আয়রণ ওয়ার্কস্—ভদ্রাবতীতে অবস্থিত। ইহা ছাড়া, স্বাধীন ভারতে আরও তিনটি লৌহ নিষ্কাশনের ও তাহা হইতে ষ্টীল উৎপাদনের ফ্যাক্টরী গড়িয়া উঠিয়াছে; তাহার একটি হইল মধ্যপ্রদেশের ভিলাই নামক স্থানে, দ্বিতীয়টি হইল উড়িষ্যার রাউরকেল্লা নামক স্থানে, তৃতীয়টি হইল পশ্চিমবাংলার দুর্গাপুর নামক স্থানে। নবনির্মিত ফ্যাক্টরীগুলিতে আয়রণ উৎপাদন আরম্ভ হইয়াছে, এবং উহারা পূর্ণভাবে চালু হইলে ভারত ইস্পাত সম্পর্কে আর কাহারও মুখাপেক্ষী থাকিবে না।

আয়রণ নিষ্কাশন:—আয়রণ প্রধানতঃ তিন প্রকারের হইয়া থাকে; মিশ্রিত কার্বনের পরিমাণের উপর ইহাদের বিভাগ নির্ভর করে। প্রথমতঃ, আয়রণের আকরিক হইতে যে আয়রণ উৎপন্ন হয় তাহাকে **কাষ্ট আয়রণ** (Cast iron) বা **পিগ আয়রণ** (Pig iron) বলে; ইহাই **ঢালাই লোহা** নামে পরিচিত। ইহাতে কার্বনের পরিমাণ খুবই বেশী থাকে এবং অনেক অন্যান্য অশুদ্ধিও বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। কাষ্ট আয়রণ হইতে **ষ্টীল** (Steel) বা **ইস্পাত** প্রস্তুত করা হয়। ইহাতে

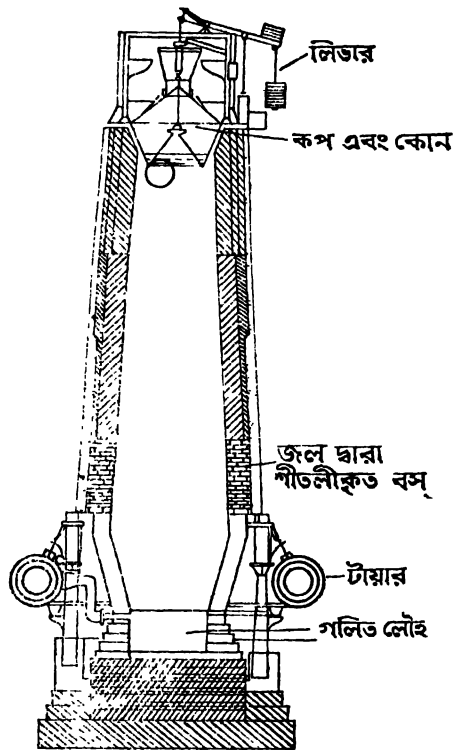
কার্বনের পরিমাণ কাষ্ট আয়রণ হইতে কমাইয়া আনিয়া মধ্যমপ্রকার করা হয় এবং যদিও অন্যান্য অশুদ্ধি দূরীভূত করা হয়, কিন্তু ইচ্ছামত অন্যান্য ধাতু ইহাতে যোগ করিয়া ইহার গুণের পরিবর্তন সাধন করা হয়। আবার কাষ্ট আয়রণ হইতেই **রট আয়রণ** (Wrought iron) বা **পেটা লোহা** প্রস্তুত করা হয়। ইহাতে কার্বনের এবং অন্যান্য অশুদ্ধির পরিমাণ খুবই কম থাকে।

কাষ্ট আয়রণ ও পিগ আঁয়রণপ্রস্তুতি :—সাধারণতঃ নিম্নলিখিত প্রক্রিয়া-গুলি প্রয়োগ করিয়া আয়রণের অক্সাইড বা কার্বনেট আকরিক হইতে কাষ্ট আয়রণ উৎপাদন করা হয়। এখানে আয়রণ অক্সাইডের বিজারণ কার্বন এবং কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা মারুত-চুল্লীতে সম্পন্ন করা হয়। কাষ্ট আয়রণের নিষ্কাশন দুইটি পদ্ধতির পর পর প্রয়োগে নিষ্পন্ন হয় :—(i) **ভর্জন বা ভস্মীকরণ** (Roasting or calcination) :—লোহের কার্বনেট বা জলযুক্ত অক্সাইড আকরিককে এই পদ্ধতির প্রয়োগ দ্বারা জল এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে মুক্ত করিয়া ফেরস আয়রণকে ফেরিক অবস্থায় পরিবর্তিত করা হয়। আয়রণের আকরিককে সামান্য কয়লার সহিত মিশ্রিত করিয়া স্তূপীকৃত করিয়া ভাঁটিতে সাজাইয়া অগ্নি-সংযোগ করা হয় এবং উষ্ণতা ও বায়ু-প্রবাহ নিয়ন্ত্রিত করিয়া ভর্জিত করা হয়। ইহাতে আকরিক-স্থিত জল, কার্বন ডাই-অক্সাইড, সলফার এবং আর্সেনিক দূরীভূত হয়; ফেরাস আয়রণ জারিত হইয়া ফেরিক আয়রণে পরিণত হয় এবং তাহাতে মারুত-চুল্লীতে বিগলনের (smelting) সময় ফেরাস সিলিকেট ধাতুমল উৎপন্ন করিয়া আয়রণের অপচয় নিবারিত হয়। এইভাবে ভর্জিত করার ফলে আকরিক ফাঁপা অবস্থায় আসে এবং তাহাতে কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস দ্বারা বিজারণের সুবিধা হয়। গুঁড়া আকরিককে এই ভর্জনের সময় কিছু চুন যোগ করিয়া একটি তালে পরিণত করা হয় এবং পরে তালটি ভাঙ্গিয়া টুকরায় পরিণত করা হয়।

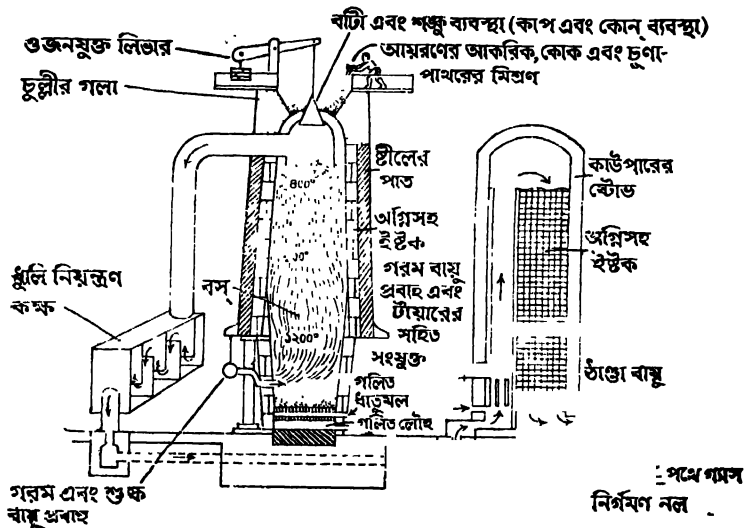
(ii) **মারুত-চুল্লীতে বিজারণ** (Reduction) বা **বিগলন** (Smelting) :—ভস্মীভূত আকরিককে কোক কয়লা ও চুনাপাথরের সহিত মিশাইয়া মারুত-চুল্লীতে উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহ দ্বারা পোড়াইয়া বিজারিত করা হয়। তাহাতে আয়রণ উৎপন্ন হয় এবং আকরিকের অশুদ্ধিগুলি ধাতুমল গঠন করিয়া অপসারিত হয়।

মারুত চুল্লীর বর্ণনা :—এই চুল্লী প্রায় 75 হইতে 120 ফুট উচ্চ হয়। ইহার বাহিরটা ষ্টীলের (Steel) পাত দ্বারা নির্মিত এবং এই পাতগুলি

পেরেক দিয়া জোড়া হয়। ইহার ভিতরটা অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত ইষ্টকের আস্তরণ দেওয়া। ইহার ভিতরের সর্বাপেক্ষা চওড়া অংশের ব্যাস হইল 24 ফুট। চুল্লীর এই অংশকে **বস** (Bosch) বলে। চুল্লীর সকল অংশ সমান চওড়া নয়। উপরের অংশে ইহার ব্যাস 15 ফুট, ক্রমশঃ ইহা নীচের দিকে বেশী চওড়া হইতে থাকে এবং বসের নিকট ইহা সর্বাপেক্ষা বেশী চওড়া। পরে আবার ভিতরের অংশ সরু হইতে থাকে এবং ক্রমশঃ সরু হইয়া চুল্লীর নিম্নদেশ ইহা চুল্লীবক্ষে (hearth) পরিণত হয়। চুল্লীবক্ষটি প্রায় 10 ফুট উচ্চ। চুল্লীবক্ষের নিম্নতম অংশ প্রায় 10 হইতে 12 ফুট চওড়া। চুল্লীবক্ষে গলিত আয়রণ ও ধাতুমল জমা হয়। এই চুল্লীবক্ষের একটু উপরে এবং তাহার কিছু নিম্নে দুইটি ছিদ্র করা থাকে এবং ছিদ্র দুইটি অগ্নিসহ মৃত্তিকার কাদা দ্বারা লেপিয়া বন্ধ করা থাকে। উপরের ছিদ্রটি হইল ধাতুমল নির্গমের পথ এবং নীচের ছিদ্রটি গলিত আয়রণ বাহির করিয়া লইবার পথ। চুল্লীর-উপরের খোলা মুখ বাটি ও শঙ্কু ব্যবস্থা (Cup and Cone arrangement) দ্বারা আটকানো থাকে। চুল্লীর ভিতর মাল (charge, ভর্জিত আকরিক, কোক কয়লা ও চুনাপাথরের মিশ্রণ) যোগ করিবার সময় উহা তড়িৎচালিত ছোট ছোট গাড়ীতে (trolley) করিয়া মারুত-চুল্লীর মুখের নিকট

চিত্র নং—56

উপরে অবস্থিত গ্যালারীতে লওয়া হয়। গ্যালারী হইতে বাটি ও শঙ্কুর উপর উহা ঢালিয়া দেওয়া হয়; তখন মালের অত্যধিক চাপে শঙ্কুটি নীচে নামিয়া যায় এবং মালগুলি চুল্লীর ভিতর আপনা হইতেই পড়িয়া যায়। মাল পড়িয়া গেলে শঙ্কুর সহিত সংযুক্ত লিভারের ক্রিয়ায় শঙ্কুটি উঠিয়া আসিয়া আবার চুল্লীর মুখ বন্ধ করিয়া দেয়। চুল্লীর ভিতর যে উষ্ণ গ্যাস (furnace gas) উৎপন্ন হয় তাহা চুল্লীর গলায় লাগানো নল দিয়া বাহির হইয়া ধূলি নিয়ন্ত্রণ-কক্ষে যায় এবং পরে সেখান হইতে বাহির হইয়া **কাউপার-ষ্টোভে** (Cowper stove) যায়। এই চুল্লীগ্যাসে (furnace gas) কার্বন ডাই-অক্সাইড, কার্বন মনোক্সাইড (আয়তনিক প্রায় 1 : 2 অনুপাতে), নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন (এবং মিথেন) সাধারণতঃ থাকে। ইহাদের পরিমাণ 100 ভাগে যথাক্রমে 12,24,60 এবং 4। চুল্লীবক্ষের ঠিক উপরে চুল্লীর গায়ে কতকগুলি মোটা শক্ত নল প্রবেশ করান থাকে। ইহাদিগকে টায়ার (tuyeres) বলে। টায়ারের মধ্য দিয়া উত্তপ্ত ও শুষ্ক বায়ু পাম্পের সাহায্যে চুল্লীর ভিতর প্রবেশ করান হয়। এই অত্যধিক পরিমাণ বায়ু যাহা চুল্লীতে ব্যবহৃত হয় তাহাকে শুষ্ক করিতে একটি শীতলীকৃত নলের ভিতর দিয়া উহাকে প্রবাহিত করা হয়। তাহাতে বায়ু শিশিরাঙ্কের নীচে শীতল হওয়ায় বায়ুর সমস্ত জলীয় বাষ্প নলের ভিতর শিশিরবিন্দুর আকারে জমা হইয়া যায়। পরে উত্তপ্ত কাউপার ষ্টোভের ভিতর দিয়া এই শুষ্ক বায়ু প্রবাহিত করিয়া উহাকে 700°—৪00° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। বায়ু শুষ্ক ও উত্তপ্ত করিবার কারণ হইল (i) বায়ুতে জলীয় বাষ্প থাকিলে চুল্লীর ভিতর লোহিত তপ্ত কোকের সহিত নিম্নলিখিত তাপশোষক বিক্রিয়া সংঘটিত হওয়ার ফলে চুল্লীর উষ্ণতা কমিয়া যায় : $C+H_2O=CO+H_2$; (ii) বায়ুকে চুল্লীতে প্রবেশ করানর আগে 700°—800° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করার ফলে চুল্লীর ভিতরের উষ্ণতা সাধারণ উষ্ণতায় বায়ু ব্যবহার করিলে যে উষ্ণতায় পৌছায় তাহা অপেক্ষা অনেক বেশী হয়। তাহাতে প্রয়োজনীয় বিক্রিয়াটি সুষ্ঠুভাবে নিষ্পন্ন হইয়া গলিত আয়রণ উৎপন্ন হয় এবং চুল্লীবক্ষে জমা হয়। মারুত-চুল্লীকে এই ভাবে উপর হইতে মধ্যস্থল পর্যন্ত ক্রমশঃ চওড়া করা এবং পরে মধ্যস্থল হইতে চুল্লীবক্ষ পর্যন্ত সরু করার উদ্দেশ্য হইল যে চুল্লীর ভিতর মাল যাহাতে সহজে নামিয়া আসিতে পারে এবং পরে বসের নিকট লৌহ গলিত অবস্থায় উৎপন্ন হওয়ায় উহার আয়তন মালের আয়তন অপেক্ষা কমিয়া যাওয়ায় যাহাতে মাল ধ্বসিয়া চুল্লীবক্ষে হঠাৎ না নামিয়া আসে। এই সাবধানতা অবলম্বন করার ফলে চুল্লীর পরমায়ু বৃদ্ধি পায়।

বক্ষ হইতে আরম্ভ করিয়া চুল্লীর নিম্নাংশ ও টায়ারগুলিতে নল লাগাইয়া (water-jacketed) সেই নলের ভিতর দিয়া ঠাণ্ডা জলের প্রবাহ চালনা করিয়া শীতল করা হয়; ইহার উদ্দেশ্য হইল চুল্লীর মধ্যস্থিত প্রচণ্ড তাপে চুল্লীটির কোন অংশ যেন ক্ষতিগ্রস্ত না হয়। নিম্নে মারুত চুল্লীর সকল অংশ-সংযুক্ত ছবি দেওয়া হইল।

পদ্ধতি:—চুল্লীর বক্ষে কিছু শুষ্ক কাষ্ঠ রাখিয়া তাহাতে অগ্নিসংযোগ করিয়া জ্বালানো হয়। তাহার পর নীচের টায়ার দিয়া শুষ্ক ও উষ্ণ বায়ু (800° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতাবিশিষ্ট) পাম্পের সাহায্যে দুই গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপে (2 atmospheres pressure) প্রথমে ধীরে ধীরে এবং কিছুক্ষণ পরে প্রবলবেগে প্রবেশ করান হয়। ইতিমধ্যে চুল্লীর উপর হইতে সামান্য আকরিক এবং অধিক কোকের মিশ্রণ

চিত্র নং—57

যোগ করা হয়। পরে বায়ু প্রবাহের চাপ বৃদ্ধি করা হয় এবং চুল্লীতে লৌহ-নিষ্কাশনে যে মিশ্রণ ব্যবহার করা প্রয়োজন তাহা যোগ করা হয়। এই মিশ্রণে সাধারণতঃ ভর্জিত বা ভস্মীভূত আকরিক, শক্ত কোক ও চুনাপাথর যথাক্রমে 5 : 2 : 1 অনুপাতে মিশাইয়া লইয়া ব্যবহার করা হয়। তবে বিভিন্ন ধরণের আকরিক ও কোক ব্যবহার করিবার সময় তাহাদের অনুপাত কি প্রকার হইবে তাহা বিশ্লেষণ দ্বারা ঠিক করিয়া লওয়া হয়। আবার অনেক সময় আকরিকে

চূনাপাথর ও বালি এরূপ অনুপাতে থাকে যে, আর চূনাপাথর যোগ করা প্রয়োজন হয় না (self-going ore)। অনেকক্ষেত্রে আকরিকে চূনাপাথরের পরিমাণ বেশী থাকায় মালে বালি যোগ করা প্রয়োজন হয়। মালে আকরিক ও কোকের অনুপাতকে **বার্ডেন** (Burden) বলা হয়। এই বার্ডেনকে "হালকা" বলা হয় যদি কোকের পরিমাণ মালে বেশী থাকে, এবং উহাকে "ভারী' বলা হয় যদি কোকের পরিমাণ কম থাকে। চুল্লীতে মালের উচ্চতা সর্বদা একস্থানে স্থির রাখা হয়। এই মালের তলকে "ষ্টক-রেখা" (stock-line) বলা হয়। নূতন মাল 10 হইতে 20 মিনিট অন্তর চুল্লীতে যোগ করিয়া এই ষ্টক-রেখা নির্দিষ্ট স্থানে রাখা হয়। ক্রমশঃ পরিপূর্ণ-চাপে শুষ্ক ও উত্তপ্ত বায়ু চুল্লীর ভিতর প্রবলবেগে প্রবাহিত করিবার ব্যবস্থা করা হয়।

মারুত-চুল্লীতে যে রাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহা নিম্নলিখিতভাবে বর্ণিত হইয়া থাকে :—

(i) প্রথমতঃ বায়ু-প্রবাহে যে অক্সিজেন থাকে তাহা চুল্লীবক্ষের অতি উচ্চ উষ্ণতায় কার্বনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে: $2C+O_2=2CO$। চুল্লীর ভিতর উষ্ণতা সর্বত্র সমান নয়; ইহা চুল্লীর মুখ হইতে ক্রমশঃ নীচের দিকে বৃদ্ধির দিকে থাকে এবং চুল্লীবক্ষে সর্বোচ্চ উষ্ণতা দেখা যায়।

মালের উপাদানগুলি ক্রমশঃ উপরদিক হইতে যেখানে চুল্লীর ভিতর প্রবেশ করে সেখানকার উষ্ণতা 400° সেণ্টিগ্রেড। যত নীচের দিকে যাওয়া যায় উষ্ণতা ততই বাড়িতে থাকে। বসেস্-এর নিকট উষ্ণতা হইল 1200°-1300° সেণ্টিগ্রেড এবং বসেস্-এর নিম্নাংশে তাহা সর্বাপেক্ষা বেশী হইয়া 1500° সেণ্টিগ্রেড হয়।

(ii) বসেস্-এর উপরে লোহিত-তপ্ত-অবস্থায় ফেরিক অক্সাইড কার্বন মনোক্সাইড দ্বারা বিজারিত হইয়া স্পঞ্জের মত আয়রণ উৎপাদন করে:

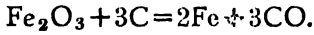
$$Fe_2O_3+3CO \rightleftharpoons 2Fe+3CO_2$$

এই বিক্রিয়াটি চুল্লীর উষ্ণতায় উভ-মুখী এবং ইহাতে যে গ্যাসের মিশ্রণ উৎপন্ন হয় তাহাতে কার্বন মনোক্সাইডের আয়তন: কার্বন ডাই-অক্সাইডের আয়তন=1 : 0·5। কিছু আয়রণ অক্সাইড চুল্লীবক্ষের সুউচ্চ উষ্ণতায় কার্বন কর্তৃক বিজারিত হইয়া লৌহ দিয়া থাকে। $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$

(iii) চুল্লীর উপরের অংশে চূনা-পাথর বিয়োজিত হইয়া পাথুরে চূন এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে: $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO+CO_2$; এই কার্বন

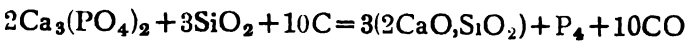
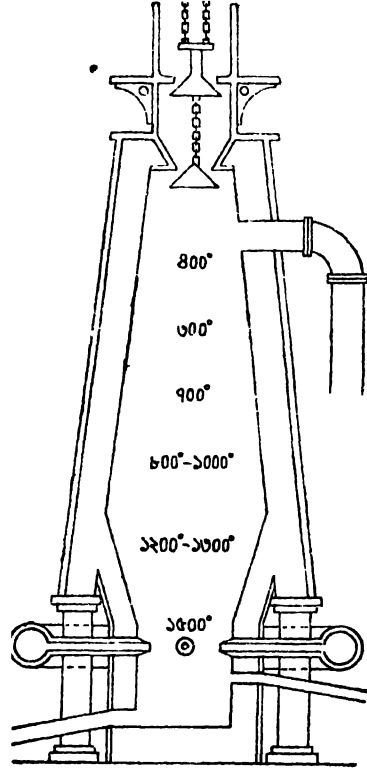
ডাই-অক্সাইডের কিছুটা উত্তপ্ত কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড দেয়ঃ $CO_2+C \rightleftharpoons 2CO$. স্পঞ্জের মত আয়রণ কোক হইতে সলফার শোষণ করে।

(iv) চুল্লীর মধ্যস্থলে লোহিত-তপ্ত-অবস্থায়—কার্বন মনোক্সাইডের বিয়োজনে অতি সূক্ষ্ম কার্বনের গুঁড়া চুল্লীমধ্যে জমা হয়: $2CO \rightleftharpoons C + CO_2$। এই সূক্ষ্ম কার্বনের গুঁড়া এবং মালে অবস্থিত কার্বন ফেরিক-অক্সাইডের বিজারণ সম্পূর্ণ করে:

$$Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO.$$

(v) উৎপন্ন পাথুরে-চুন চুল্লীর উত্তাপে আকরিকের বালির (সিলিকা, SiO_2) সহিত সংযুক্ত হইয়া ক্যালসিয়াম সিলিকেট ধাতুমল উৎপন্ন করে: $CaO+SiO_2=CaSiO_3$। ইহা চুল্লীর উচ্চ উত্তাপে গলিয়া যায় এবং চুল্লীবক্ষে গড়াইয়া গিয়া জমা হয়।

(vi) চুল্লীর মধ্যস্থলে আকরিকে অবস্থিত ক্যালসিয়াম ফসফেট—সিলিকার (বালির) উপস্থিতিতে কার্বন দ্বারা বিজারিত হইয়া ফস্‌ফোরাস দেয় এবং উৎপন্ন ফস্‌ফোরাস উৎপন্ন লৌহ দ্বারা শোষিত হয়; ইহাতে আয়রণ ফস্‌ফাইড (Fe_3P) উৎপন্ন হইয়া থাকে।

চিত্র নং—58

$$2Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2+10C=3(2CaO,SiO_2)+P_4+10CO$$

আয়রণের উপস্থিতিতে উচ্চ উষ্ণতায় সিলিকা (SiO_2) কার্বন কর্তৃক বিজারিত হয় এবং উৎপন্ন সিলিকন আয়রণ দ্বারা শোষিত হয় $SiO_2+2C=Si+2CO$। ম্যাঙ্গানিজ ধাতু আকরিকে অবস্থিত ম্যাঙ্গানিজের যৌগ হইতে বিজারিত হইয়া

উৎপন্ন হয় এবং ইহা আয়রণের সহিত সংকর সৃষ্টি করে: $MnO_2+2C=Mn+2CO$।

(vii) শ্বেততপ্ত অবস্থায় চুল্লীর নিম্নতম অংশে স্পঞ্জের মত আয়রণ কার্বন, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, সলফার ও ফস্ফোরাস ইত্যাদি অশুদ্ধিযুক্ত অবস্থায় একেবারে গলিয়া যায় এবং গলিত অবস্থায় চুল্লীবক্ষে যাইয়া জমা হয়। ধাতুমল অপেক্ষা ভারী বলিয়া গলিত ধাতুমলের নীচে গলিত আয়রণ জমা হয়।

পরে চুল্লীবক্ষের ছিদ্রগুলি প্রয়োজনমত খুলিয়া সর্বনিম্ন ছিদ্র দিয়া গলিত আয়রণ বাহির করিয়া লইয়া বালির স্তরে অবস্থিত ছাঁচে ঢালিয়া দেওয়া হয়। ইহাকেই কাষ্ঠ আয়রণ বলে; আবার ছাঁচে উৎপন্ন কাষ্ঠ আয়রণের খণ্ডগুলিকে শূয়ারের বাচ্চার মত দেখিতে বলিয়া উহাকে পিগ আয়রণ বলা হয়। উপরের ছিদ্র দিয়া 15 মিনিট অন্তর গলিত ধাতুমল বাহির করিয়া লইয়া নর্দমার মত চ্যানেলের সাহায্যে চুল্লীর নিকট হইতে বহুদূরে লইয়া জমা করা হয়। এই ধাতুমল রাস্তা প্রস্তুতে, জমি ভরাট করিতে, সিমেণ্ট প্রস্তুতে, ইট উৎপাদনে এবং ধাতুমলের উল (Slag-wool) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

মারুত-চুল্লী হইতে উৎপন্ন গ্যাসের ব্যবহার:—মারুত-চুল্লী হইতে নির্গত গ্যাসে কার্বন মনোক্সাইড (CO আয়তনিক শতকরা 24 হইতে 29 ভাগ), কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2, আয়তনিক শতকরা 7 হইতে 12 ভাগ), নাইট্রোজেন (N_2, আয়তনিক শতকরা 54 হইতে 57 ভাগ), হাইড্রোজেন ও মিথেন (H_2 এবং CH_4, আয়তনিক শতকরা 4 হইতে 5 ভাগ) প্রভৃতি গ্যাস থাকে। এই গ্যাসগুলি প্রায় 800° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় বাহির হইয়া আসে। ইহাদিগকে পার্শ্বে প্রদর্শিত নল দিয়া লইয়া ধূলি-প্রকোষ্ঠের (Dust Chamber) মধ্য দিয়া চালনা করিয়া ধূলিমুক্ত করা হয়। পরে ভূগর্ভস্থ-নল দিয়া লইয়া **কাউপার ষ্টোভ** (Cowper stoves, ছবিতে একটি দেখান হইয়াছে) নামক গম্বুজাকৃতি চুল্লীর ভিতর চালনা করিয়া বায়ু-সংযোগে জ্বালানো হয়। ষ্টোভের ভিতর অগ্নিসহ ইষ্টক সাজাইয়া ফোকরবিশিষ্ট স্তরের আকারে রাখা হয়। গ্যাসগুলি পূর্ব হইতেই যথেষ্ট উত্তপ্ত অবস্থায় থাকে। এখানে কার্বন মনোক্সাইড জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত হয়। এই বিক্রিয়ায় যথেষ্ট তাপ উদ্ভূত হয় এবং এই উত্তাপ অগ্নিসহ ইষ্টকের স্তরকে শ্বেততপ্ত (700°–800° সেণ্টিগ্রেড) করিয়া দেয়। চুল্লীর গ্যাস জ্বালাইবার পর উৎপন্ন CO_2 এবং উহার ভিতর বর্তমান

নাইট্রোজেন নীচের নল দিয়া চিমনিতে চলিয়া যায়। গ্যাস জ্বালাইবার জন্য যে বায়ু প্রয়োজন হয় তাহাকে গৌণ বায়ু (Secondary air) বলে এবং ইহা চুল্লীর গ্যাস যেখানে ষ্টোভে প্রবেশ করে তাহার পাশ দিয়াই ষ্টোভে ঢোকে। এইভাবে ষ্টোভের ইষ্টকের স্তর উত্তপ্ত হইলে চুল্লী-গ্যাস ও গৌণ বায়ু প্রবেশের পথ বন্ধ করিয়া চুল্লী-গ্যাসকে 'মারুত-চুল্লীর' অপর পার্শ্বে অবস্থিত দ্বিতীয় একটি ষ্টোভে লইয়া সেখানে জ্বালানো হয়। এই অবসরে প্রথমকার উত্তপ্ত ষ্টোভের ভিতর দিয়া শীতল বায়ু প্রবাহিত করিয়া উক্ত বায়ুকে ৪00° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া টায়ারের সাহায্যে মারুত-চুল্লীতে এই উষ্ণ বায়ু চালনা করা হয়। এইভাবে প্রথম ষ্টোভ যতক্ষণে ঠাণ্ডা হয় ততক্ষণে দ্বিতীয় ষ্টোভ উষ্ণ হইয়া উঠে। এইরূপে দুইটি ষ্টোভকে পর্যায়ক্রমে চুল্লী-গ্যাস জ্বালাইয়া উত্তপ্ত ও শীতল বায়ুপ্রবাহ চালনা করিয়া ঠাণ্ডা করা হয় এবং মারুত-চুল্লীতে অব্যাহতভাবে উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহ ইঞ্জিনের সাহায্যে চালনা করা হয়। এই উত্তপ্ত বায়ু ব্যবহার করার ফলে কয়লার কিছুটা সাশ্রয় হয় এবং চুল্লীর কার্যও অধিক উষ্ণতায় নিষ্পন্ন হয়।

অধিকাংশ চুল্লী-গ্যাস এইভাবে ব্যবহৃত হইলেও কিছুটা গ্যাস ধূলিমুক্ত হওয়ার পর (কোন কোন ফ্যাক্টরীতে) উহাকে জ্বালাইয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা করিবার জন্য ইঞ্জিনের বয়লারে ষ্টীম প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়—এবং আকরিক ভস্মীভূত করিতেও ব্যবহৃত হয়। ধূলিকক্ষের ধূলি সংগ্রহ করিয়া উহা হইতে পটাসিয়ামের লবণ সংগ্রহ করা হয়। এই পটাসিয়ামের লবণ সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

চুল্লীর বায়ুঃ—চুল্লীর উপর হইতে মাল চুল্লীতে ফেলা হয় এবং চুল্লীর নীচে হইতে গলিত আয়রণ ও ধাতুমল বাহির করিয়া লওয়া হয়। এই কার্য অবিরাম ভাবে চলে। সেইজন্য একবার চুল্লীতে আগুন দিলে বৎসরের পর বৎসর কার্য চলিতে থাকে। কিন্তু চুল্লীতে অগ্নিসংযোগ করিয়া বায়ুপ্রবাহ চালাইয়া উহার অগ্নিসহ ইষ্টকের আস্তরণকে উত্তপ্ত করিয়া তুলিবার সময় বিশেষ সাবধানতা অবলম্বন করিতে হয়। প্রথমতঃ, কাঠের আগুনে ইষ্টকের গাঁথনি শুকাইয়া লইতে হয়। পরে কোক কয়লা ক্রমশঃ যোগ করিয়া চুল্লীটির অর্ধেক ভর্তি করা হয়। তাহার পর $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি ব্যাসের নলের ভিতর দিয়া সামান্য বায়ুপ্রবাহ চুল্লীর ভিতর চালনা করা হয় এবং সামান্য চূনাপাথর বিগালকরূপে যোগ করিয়া উৎপন্ন ছাইকে অপসারিত করা হয়। এইবার মালের সহিত বেশী পরিমাণে কোক যোগ

করিয়া চুল্লীতে ঢালা হয়। বায়ুপ্রবাহ চালনা করিবার নলের ব্যাসও ক্রমশঃ বাড়াইয়া দেওয়া হয় এবং পরিপূর্ণ চাপে বায়ুপ্রবাহ দেওয়া না পর্যন্ত এই ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয়। এইভাবে পরিপূর্ণ চাপে বায়ুপ্রবাহ চালনা আরম্ভ করিতে প্রায় 18 দিন সময় লাগে। তখন মালে আকরিক ও বিগালকের পরিমাণ ক্রমশঃ বাড়াইয়া স্বাভাবিক পরিমাণে আনা হয়।

যখন ফ্যাক্টরীতে ধর্মঘট হওয়ার ফলে কাজ বন্ধ রাখিতে হয় তখন মারুত-চুল্লীর সমস্ত মুখ অগ্নিসহ মৃত্তিকার কাদা দিয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় এবং সেইভাবে চুল্লীটিকে রাখিয়া দেওয়া হয়। ধর্মঘটের অবসানে কাদার অস্তরণ সরাইয়া পুনরায় কার্য আরম্ভ করা হয়।

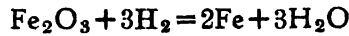
যখন কোনও কারণে চুল্লীটির সংস্কার প্রয়োজন হয়, তখন চুল্লীতে ঢালিবার মালের পরিমাণ কমাইয়া আনা হয়। অবশেষে কেবল কোক এবং সামান্য চুনাপাথর চুল্লীতে যোগ করা হয়; এই প্রকারে চুল্লীটিকে সম্পূর্ণরূপে পরিষ্কার করিয়া ফেলা হয়।

যখন চুল্লীটির ভিতরে মাল একস্থানে জমা হইয়া আর নীচের দিকে নামিতে চায় না, তখন সেই প্রকারের অসুবিধাকে "স্ক্যাফোল্ডিং" (Scaffolding) অথবা ঝুলা-অবস্থা (Hanging) বলে। এই ঝুলা অবস্থা প্রাপ্ত মাল যদি সহসা গলিয়া নামিয়া আসে তাহা হইলে চুল্লীটি ভাঙ্গিয়া যাইতে পারে। তাই বাহির হইতে ঝুলা-অবস্থা প্রাপ্ত মালের অবস্থান ঠিক করিয়া চুল্লীর গায়ে সেইখানে একটি ছ্যাদা করিয়া উহার ভিতর দিয়া উত্তপ্ত বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। তাহাতে উহা ধীরে ধীরে গলিয়া চুল্লীর নীচের দিকে চলিতে থাকে এবং চুল্লীটির কার্যও অব্যাহতভাবে চলিতে থাকে।

একটি চুল্লী এইভাবে অবিশ্রাম 14 হইতে 16 বৎসর পর্যন্ত চালনা করা যায়।

দ্রষ্টব্য :—সুইডেনে কোক-কয়লা খুব কম পরিমাণে আকরিকের সহিত যোগ করিয়া তড়িৎশক্তির সাহায্যে মিশ্রণকে গলানো হয়। কোক কেবল আয়রণ অক্সাইডকে বিজারিত করে। এখানেও চুনাপাথর বিগালকরূপে ব্যবহৃত করা হয়।

বিশুদ্ধ লৌহ :—অতি বিশুদ্ধ লৌহ প্রস্তুত করা কষ্টসাধ্য। অতি বিশুদ্ধ ফেরিক নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ ফেরিক-অক্সাইড উৎপন্ন করা হয়। এই ফেরিক-অক্সাইডকে 1000° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস দ্বারা বিজারিত করিলে বিশুদ্ধ লৌহ উৎপন্ন হয়।

$$Fe_2O_3+3H_2=2Fe+3H_2O$$

পাতিত জলে বিশুদ্ধ ফেরাস ক্লোরাইডকে দ্রবীভূত করিয়া 110° সেন্টিগ্রেডে উক্ত দ্রবণকে উত্তপ্ত করা হয় এবং উহার ভিতর তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিয়া ক্যাথোডে বিশুদ্ধ লৌহ উৎপাদন করা যায়। কিন্তু উক্ত প্রকারের লৌহে হাইড্রোজেন গ্যাস আটকাইয়া থাকে, তাই উহাকে একেবারে বায়ুশূন্য স্থানে (in vacuum) উত্তাপ প্রয়োগে গলাইয়া হাইড্রোজেনমুক্ত করিলে একেবারে বিশুদ্ধ লৌহ উৎপন্ন হয়।

বিশুদ্ধ আয়রণ অক্সাইড হইতে হাইড্রোজেন দ্বারা অল্প-উষ্ণতায় (435° সেন্টিগ্রেড) বিজারণ প্রক্রিয়ায় প্রস্তুত আয়রণ সূক্ষ্ম গুঁড়ার আকারে পাওয়া যায় এবং উহা বায়ুর সংস্পর্শে ভাস্বর (pyrophoric) হয়। তড়িৎ-বিশ্লেষণে উৎপন্ন বিশুদ্ধ আয়রণ ভঙ্গুর হয় এবং ইহাকে গুঁড়া করা যায়।

বিশুদ্ধ আয়রণের ধর্ম :—বিশুদ্ধ-লৌহ সাদা উজ্জ্বল ধাতু। ইহা প্রসার্য-মান (ductile), নমনীয়—(malleable) এবং ইহা খুব শক্ত নয়। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 7·85, গলনাঙ্ক 1539° সেন্টিগ্রেড এবং স্ফুটনাঙ্ক 2450° সেন্টিগ্রেড। ইহা চুম্বকদ্বারা আকৃষ্ট হয়।

বায়ুর ক্রিয়া :—শুষ্ক বায়ুর সাধারণ উষ্ণতায় লৌহের উপর কোনপ্রকার ক্রিয়া নাই। কিন্তু আর্দ্র বায়ুতে লৌহে মরিচা (rust) ধরে। এই মরিচা জলসংযুক্ত ফেরিক-অক্সাইড (প্রধানতঃ Fe_2O_3,H_2O), কিন্তু সদ্য উৎপন্ন মরিচায় সামান্য ফেরাস-হাইড্রক্সাইড ও ফেরাস কার্বনেট দেখিতে পাওয়া যায়। বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে লৌহকে প্রবলভাবে উত্তপ্ত করিলে লোহিততপ্ত অবস্থায় উহা জ্বলিয়া উঠে এবং ফেরোসো-ফেরিক-অক্সাইড-এর স্ফুলিঙ্গ (ফুলঝুরির মত) উৎপন্ন হয়। $3Fe+2O_2=Fe_3O_4$

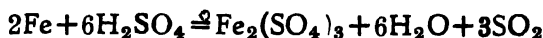
জলের ক্রিয়া :—বিশুদ্ধ লৌহের সাধারণ উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জলের সহিত কোন বিক্রিয়া নাই, কিন্তু লোহিততপ্ত (red-hot) লৌহের উপর দিয়া ষ্টীম চালনা করিলে জলীয়-বাষ্প বিয়োজিত হইয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং লোহ ফেরোসো-ফেরিক-অক্সাইডে পরিণত হয়। $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$

অ্যাসিডের ক্রিয়া :—পাতলা হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিডে এবং পাতলা সলফিউরিক-অ্যাসিডে লৌহ দ্রবীভূত হইয়া ফেরাস লবণ এবং হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। $Fe+2HCl=FeCl_2+H_2$; $Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$

পাতলা নাইট্রিক-অ্যাসিডে লৌহ যোগ করিলে কোন গ্যাস উদ্ভূত হয় না, দ্রবণে ফেরাস নাইট্রেট ও অ্যামোনিয়াম নাইট্রেট উৎপন্ন হয়।

$$4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$$

উষ্ণ গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত লৌহের বিক্রিয়া ঘটিয়া ফেরিক-সলফেট ও সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2Fe+6H_2SO_4 \overset{\text{উ}}{=} Fe_2(SO_4)_3+6H_2O+3SO_2$$

উষ্ণ গাঢ় নাইট্রিক-অ্যাসিড (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·21) লৌহের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরিক-নাইট্রেট ও নাইট্রোজেন পার-অক্সাইড দেয়।

$$Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3NO_2+3H_2O$$

অত্যন্ত গাঢ় ধূমায়মান নাইট্রিক-অ্যাসিডে (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5) বিশুদ্ধ লৌহ ডুবাইলে উহা দ্রবীভূত হয় না, কেবল "নিষ্ক্রিয় লৌহে" (passive iron) পরিণত হয়। এই নিষ্ক্রিয় লৌহ সম্বন্ধে "রসায়নের গোড়ার কথা" দ্বিতীয় ভাগ ৫৫ পৃঃ-তে আলোচনা করা হইয়াছে। নিষ্ক্রিয়-লৌহের বিষয় পরে আরও আলোচনা করা হইয়াছে।

লোহিততপ্ত লৌহের উপর দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস প্রবাহিত করিলে ফেরিক-ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়। $2Fe+3Cl_2=2FeCl_3$

ক্ষারের সহিত কোন অবস্থাতেই লৌহের কোন ক্রিয়া হয় না। 120° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় অতি সূক্ষ্ম আয়রণের গুঁড়ার উপর দিয়া কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস অতিক্রম করাইলে আয়রণ CO গ্যাস শোষণ করিয়া উদ্বায়ী আয়রণ-পেণ্টাকার্বনিল [Iron pentacarbonyl, $Fe(CO)_5$] গঠন করে।

$$Fe+5CO=(CO)_5$$

কপার-সলফেট, লেড নাইট্রেট ও সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে আয়রণ যোগ করিলে কপার, লেড এবং সিলভার ধাতু অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে ফেরাস লবণ উৎপন্ন হয়। $CuSO_4+Fe=FeSO_4+Cu$; $Pb(NO_3)_2+Fe=Fe(NO_3)_2+Pb$; $2AgNO_3+Fe=Fe(NO_3)_2+2Ag$

নিষ্ক্রিয় লৌহ :—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, ধূমায়মান (fuming) নাইট্রিক-অ্যাসিডে (আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·5) লৌহকে ডুবাইলে উহা দ্রবীভূত হয় না; উপরন্তু নিষ্ক্রিয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। ধূমায়মান নাইট্রিক-অ্যাসিড ছাড়াও ক্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতি জারক-দ্রব্যে ডুবাইলেও

লৌহ নিষ্ক্রিয় অবস্থা প্রাপ্ত হয়। নিষ্ক্রিয় লৌহ কপার সলফেটের দ্রবণ হইতে কপার, লেড নাইট্রেটের দ্রবণ হইতে ধাতব লেড অথবা সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ হইতে ধাতব সিলভার মুক্ত করিতে পারে না অথবা পাতলা নাইটিক অ্যাসিডে উক্ত নিষ্ক্রিয়-লৌহ দ্রবীভূত হয় না। সাধারণ লৌহে ঐ সমস্ত ধর্মই দেখিতে পাওয়া যায় তাহা উহার ধর্ম সম্বন্ধে আলোচনার সময় সমীকরণ সহকারে উল্লেখ করা হইয়াছে। ইহার কারণ সম্বন্ধে বলা হয়* যে, জারক-দ্রব্যসমূহে ডুবাইলে আয়রণের উপর উহার একটি অক্সাইডের স্তর পড়ে এবং সেইকারণে আয়রণ নিষ্ক্রিয় হইয়া যায়। ইহা পরীক্ষামূলকভাবে এভানস্ (Evans) প্রমাণ করিয়াছেন; নিষ্ক্রিয়-লৌহের উপর আয়োডিন যোগ করিয়া ভিতরের লৌহকে গলাইয়া বাহির করিয়া লইলে অক্সাইডের স্তরের খোল পড়িয়া থাকে। নিষ্ক্রিয় লৌহকে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের নীচে ডুবাইয়া জিঙ্ক দিয়া স্পর্শ করিলে, অথবা উহার তল আঁচড়াইয়া অথবা হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর উহাকে রাখিয়া উত্তপ্ত করিলে উহার নিষ্ক্রিয়তা দূর হয় এবং উহা পূর্বাবস্থা প্রাপ্ত হওয়ায় সাধারণ লৌহের সমস্ত ধর্মই প্রাপ্ত হয়।

লৌহের প্রকারভেদ—কার্বন ও অন্যান্য অশুদ্ধির পরিমাণ অনুসারে পণ্য হিসাবে ব্যবহৃত লৌহ তিন প্রকারের হয়।

(ক) **কাষ্ট আয়রণ, পিগ আয়রণ** বা **ঢালাই লোহা**—ইহাতে সর্বপ্রকারের অশুদ্ধি থাকে এবং এক কার্বনই 2 – 5% থাকে। ইহাতেই কার্বনের পরিমাণ অন্য দুই প্রকারের লৌহ হইতে সর্বাপেক্ষা বেশী বিদ্যমান দেখা যায়।

(খ) **রট-আয়রণ** (Wrought iron) বা **পেটা লোহা**—ইহাতে কার্বনের পরিমাণ দুই প্রকারের লৌহ হইতে কম থাকে। ইহাতে কার্বনের পরিমাণ মাত্র 0·1 – 0·25%। অন্যান্য অশুদ্ধিও ইহাতে খুব কমই দেখা যায়। বাজারে যে তিন প্রকারের লৌহ পাওয়া যায় তাহাদের মধ্যে ইহাই সর্বাপেক্ষা বিশুদ্ধ।

(গ) **ষ্টীল** বা **ইস্পাত**—ইহাতে অন্য দুই প্রকারের লৌহের তুলনায় কার্বন মধ্যম প্রকার থাকে। ইহাতে কার্বনের পরিমাণ 0·15 – 1·5%। অনেক প্রকার মৌল ইহাতে ইচ্ছাকৃতভাবে যোগ করিয়া ইহাকে নানাপ্রকার কার্যের উপযোগী করা হয়। তাহাদের সংকর ইস্পাত (alloy steel) বলা হয়।

রট-আয়রণ বা পেটা লোহা :—কাষ্ট আয়রণ বা ঢালাই লোহা হইতে কার্বন, সিলিকন, ম্যাঙ্গানিজ, ফসফোরাস, সলফার প্রভৃতি অশুদ্ধিগুলিকে বায়ুর অক্সিজেন

এবং Fe_2O_3 (যাহা হিমাটাইটরূপে যোগ করা হয়) দ্বারা জারিত করিয়া দূরীভূত করিলে রট-আয়রণ পাওয়া যায়। যে পদ্ধতি এখানে প্রয়োগ করা হয় তাহাকে **আলোড়ন পদ্ধতি** (puddling process) বলে। এই প্রক্রিয়া পরাবর্ত চুল্লীতে (reverberatory furnace) সম্পাদন করা হয়। পরাবর্ত চুল্লীর ভিতর-গায়ে হিমাটাইটের (haematite, Fe_2O_3) আস্তরণ দেওয়া হয় এবং উহার বক্ষে কাষ্ট আয়রণ রাখিয়া গলানো হয়। গলিত লৌহকে লম্বা এবং মোটা লৌহদণ্ড দ্বারা ভালভাবে আলোড়িত করা হয় (puddling operation)। ইহাতে গলিত লৌহ চুল্লীবক্ষের আস্তরণের Fe_2O_3-এর এবং বায়ুর ঘনিষ্ঠ সংস্পর্শে আসে। এই সংস্পর্শের ফলে কাষ্ট আয়রণের Si, P, S, Mn প্রভৃতি অশুদ্ধি জারিত হইয়া উহাদের অক্সাইড উৎপন্ন হয়। সলফার-ডাইঅক্সাইড গ্যাস বলিয়া উপিয়া যায়। অন্য অক্সাইডগুলি আস্তরণের Fe_2O_3 হইতে বিজারণের ফলে উদ্ভূত FeO এবং Mn হইতে জারণের ফলে উৎপন্ন MnO-এর সহিত ধাতুমল গঠন করে। কাষ্ট আয়রণের কার্বন Fe_2O_3-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধাতব আবরণ ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে: $Fe_2O_3+3C=2Fe+3CO$। কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস বুদ্‌বুদের আকারে বাহির হইতে থাকে এবং তাহার ফলে গলিত ধাতু ফুটিতেছে বলিয়া মনে হয়। এইভাবে কাষ্ট আয়রণের অশুদ্ধি অপসারিত হওয়ার ফলে উহার গলনাঙ্ক অপেক্ষা উৎপন্ন প্রায় বিশুদ্ধ আয়রণের গলনাঙ্ক বেশী বলিয়া উহা লেই-এর (pasty) মত শক্ত হয়। ধাতুমল এই লেই-এর ভিতর মিশিয়া থাকে। তখন এই লেই-এর মত আয়রণকে লৌহদণ্ডে জড়াইয়া প্রায় 80 পাউণ্ড বা একমণ ওজনের বড় বড় গোলাকৃতি চাঙে (ball বা bloom) পরিণত করা হয়। এই চাঙগুলিকে চুল্লীবক্ষ হইতে তুলিয়া আনিয়া উত্তপ্ত অবস্থায় ষ্টীমচালিত হাতুড়ি (steam hammer) দ্বারা পিটাইয়া ধাতুমলের টুকরাগুলিকে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। তাহার পর উৎপন্ন পেটা লোহাকে পাতে পরিণত করা হয়।

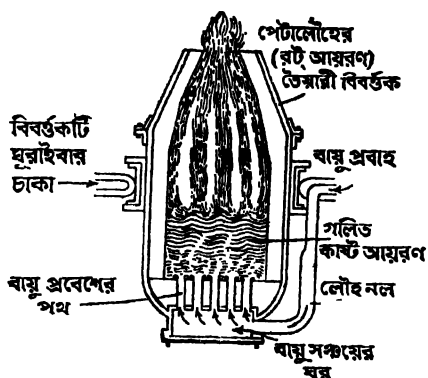
ষ্টীল বা ইস্পাতের পণ্য উৎপাদন :—ষ্টীলে কার্বনের পরিমাণ রট-আয়রণ এবং কাষ্ট-আয়রণের মাঝামাঝি থাকে এবং ইহাতে 0·5 – 1·5% কার্বন থাকে। তাই রট-আয়রণে কার্বন যোগ করিয়া অথবা কাষ্ট-আয়রণ হইতে কার্বন অপসারণ করিয়া ষ্টীল উৎপাদন নিষ্পন্ন করা যায়।

(ক) **রট-আয়রণ হইতে ষ্টীল উৎপাদন :**—যে পদ্ধতিতে রট-আয়রণ হইতে

ষ্টীল উৎপাদন করা হয় তাহাকে **সিমেণ্টেসন** (cementation) **পদ্ধতি** বলে। এই পদ্ধতিতে অগ্নিসহ ইষ্টক-দ্বারা নির্মিত বাক্সে রট-আয়রণের পাত বা দণ্ড রাখিয়া কাঠকয়লার গুঁড়া দিয়া উহাদিগকে ঢাকিয়া দেওয়া হয়। পরে বাক্সগুলিকে আটকাইয়া দিয়া চুল্লীতে রাখিয়া লোহিত তাপে (red heat) কয়েকদিন ধরিয়া উহাদিগকে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে উত্তপ্ত করিলে রট-আয়রণ না গলিয়াই ধীরে ধীরে কঠিন কার্বন শোষণ করে এবং ষ্টীলে পরিণত হয়। ইহাকেই সিমেণ্টেসন পদ্ধতি বলা হয় এবং এই পদ্ধতিতে উত্তম ষ্টীল পাওয়া যায়। চুল্লীর ভিতর হইতে বাহির করিয়া আনিলে এই ষ্টীলের গায়ে ফোস্কা দেখা যায় এবং সেই কারণে ইহাকে ফোস্কাপড়া (blistered) ষ্টীল বলা হয়। এই ফোস্কা পড়ার কারণ হইল রট-আয়রণের ভিতর কার্বন প্রবেশ করিলে উক্ত কার্বন জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড হয় এবং সেই কার্বন মনোক্সাইড ক্রমশঃ রট-আয়রণের ভিতরে প্রবেশ করে (absorbed); কিন্তু ভিতরে প্রবেশ করার পর উহা উত্তপ্ত আয়রণের সংস্পর্শে ভাঙ্গিয়া কার্বন হয় এবং উৎপন্ন অক্সিজেন বাহির হইয়া আসে। এইভাবে উৎপন্ন সূক্ষ্ম কার্বন রট-আয়রণের সহিত মিলিত হইয়া ষ্টীল উৎপন্ন করে। এই ষ্টীলকে ষ্টীম চালিত হাতুড়ি দিয়া পিটাইলে ইহা "স্পিয়ার-ষ্টীল"-এ (spear steel) পরিণত হয়।

ক্রুসিবিল ষ্টিল (Crucible steel) যাহা ছুরী, কাঁচি ইত্যাদি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয় তাহা এই ফোস্কা-পড়া ষ্টীলকে ছোট ছোট করিয়া কাটিয়া গ্র্যাফাইটের মুচিতে (graphite crucible) লইয়া গলাইয়া প্রস্তুত করা হয়। এইভাবে গলানোর ফলে ফোস্কা-পড়া ষ্টীলের কার্বন সমানভাবে ষ্টীলের ভিতর বিন্যস্ত হয় এবং তাহার ফলে খুব উত্তম ষ্টীল পাওয়া যায়। এই পদ্ধতিতে উৎপন্ন ষ্টীল অস্ত্রশস্ত্র প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(খ) কাষ্ট-আয়রণ হইতে ষ্টীল উৎপাদন ঃ—কাষ্ট-আয়রণে বা ঢালাই-লোহায় কার্বনের পরিমাণ কমাইয়া, ষ্টীল বা ইস্পাত তৈয়ারী করা হয়। (i) **বিসিমার পদ্ধতি** (Bessemer process):—এই পদ্ধতি প্রথম 1855 খৃষ্টাব্দে বিসিমার প্রবর্তিত করেন। এই পদ্ধতিতে গলিত কাষ্ট-আয়রণের ভিতর দিয়া অতিরিক্ত চাপে প্রবল বায়ু-প্রবাহ চালনা করা হয়। তাহার ফলে কাষ্ট-আয়রণের অশুদ্ধিগুলি, (যথা, C, Si, Mn, P, S) জারিত হইয়া কোনটি গ্যাসের আকারে এবং কোনটি ধাতুমল রূপে অপসারিত হয় এবং রট-আয়রণ উৎপন্ন হয়। তখন ইহাতে "স্পিজেল"

(Spiegeleisen অথবা সংক্ষেপে Spiegel, কার্বন, ম্যাঙ্গানিজ ও আয়রণের সংকর, এবং ইহাতে শতকরা 20 – 32 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ, 0·3 ভাগ কার্বন এবং অবশিষ্ট আয়রণ থাকে) যোগ করিয়া নির্দিষ্ট পরিমাণ কার্বন সরবরাহ করা হয় এবং তাহাতেই ষ্টীল উৎপন্ন হয়। বিসিমার-পদ্ধতির প্রয়োগ দুই ভাবে হইয়া থাকে। যখন কাষ্ট-আয়রণে ফস্‌ফোরাস্‌ অশুদ্ধিরূপে বিদ্যমান না থাকে তখন অ্যাসিড বিসিমার পদ্ধতি (Acid Bessemer process) প্রয়োগ করা হয় এবং যখন কাষ্ট-আয়রণে ফস্‌ফোরাস অশুদ্ধিরূপে থাকে তখন **ক্ষারকীয় বিসিমার পদ্ধতি** (Basic Bessemer process) প্রযোজ্য হয়। এই দুই পদ্ধতির মধ্যে পার্থক্য একমাত্র বিসিমার চুল্লীর ভিতরের আস্তরণের পার্থক্য এবং ফস্‌ফোরাস্‌ অশুদ্ধি অপসারণের জন্য ক্ষারকীয় পদ্ধতি-প্রয়োগের শেষের দিকে কিছুক্ষণ বেশী সময় ধরিয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা করা। বিসিমার বিবর্তক চুল্লী (Bessemer Converter) ইস্পাত বা পেটালোহার মোটা পাত দ্বারা তৈয়ারী এবং ইহা দেখিতে অনেকটা ডিমের মত। অ্যাসিড বিসিমার পদ্ধতিতে ইহার ভিতরের দিকে একটি পুরু সিলিকার (বালির) আস্তরণ দেওয়া থাকে এবং ক্ষারকীয়

চিত্র নং—59

বিসিমার পদ্ধতিতে ভিতরের পুরু আস্তরণটি অগ্নিদগ্ধ ডোলোমাইটের (Dolomite, $MgCO_3$, $CaCO_3$) অথবা ম্যাগনেসাইটের (magnesite, $MgCO_3$)। চুল্লীটি মাটি হইতে কিছু উপরে ঝোলান অবস্থায় থাকে এবং একটি চাকার সাহায্যে ইহাকে ইচ্ছামত সোজা, কাত বা উপুর করিয়া রাখা যায়। পাত্রের মধ্যে প্রবল বায়ুপ্রবাহ চালনা করার জন্য পাত্রের পার্শ্বদেশ দিয়া নলের সাহায্যে ফাঁপা বায়ু-প্রকোষ্ঠে বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয় এবং উহা অনেকগুলি সরু ছিদ্র দিয়া বুদ্‌বুদের আকারে চুল্লীর ভিতর প্রবেশ করে।

অ্যাসিড বিসিমার পদ্ধতি :—সিলিকার আস্তরণযুক্ত বিবর্তক চুল্লীটিকে অনুভূমিক অবস্থায় রাখিয়া মারুত-চুল্লী হইতে গলিত কাষ্ট-আয়রণ সরাসরি চুল্লীটির

খোলামুখ দিয়া উহার ভিতর ঢালা হয়। পূর্বেই বিশ্লেষণদ্বারা দেখিয়া লওয়া হয় যে, এই কাষ্ট-আয়রণে কোন ফস্‌ফোরাস অশুদ্ধিরূপে বিদ্যমান নাই। বায়ুপ্রবাহ চালনা আরম্ভ করিয়া বিবর্তক চুল্লীটিকে লম্বভাবে সোজা করিয়া বসান হয় এবং অতিরিক্ত চাপে (airblast) বায়ু-প্রবাহ পরিচালিত করা হয়। বায়ু ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র বুদ্‌বুদের আকারে গলিত কাষ্ট আয়রণের মধ্য দিয়া উপরে উঠিয়া যায়। ইহাতে প্রথমে সিলিকন এবং দ্বিতীয়তঃ ম্যাঙ্গানিজ জারিত হইয়া অক্সাইড গঠন করে। এই ভাবে উদ্ভূত তাপই চুল্লীর ভিতর আয়রণকে গলিত অবস্থায় রাখে। উৎপন্ন ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ও সিলিকা বিক্রিয়া করিয়া গলিত ধাতুমল গঠন করে। ইহার পর কার্বন জারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয় এবং এই উৎপন্ন CO বিবর্তক চুল্লীর খোলামুখে ঈষৎ নীলাভ শিখার সহিত জ্বলিতে থাকে এবং সেই সঙ্গে লৌহকণা পুড়িতে পুড়িতে স্ফুলিঙ্গের আকারে বাহির হইতে থাকে। কাষ্ট-আয়রণের গন্ধক পুড়িয়া সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন হইয়া উড়িয়া যায়।

প্রায় আট মিনিটের ভিতর নীলাভ শিখা নিভিয়া যায় এবং তাহাতেই বুঝা যায় যে কাষ্ট-আয়বণের কার্বন সম্পূর্ণরূপে অপসারিত হইয়াছে। চুল্লীর ভিতরে অতি উচ্চ উত্তাপ থাকার ফলে উৎপন্ন রট-আয়রণ গলিত অবস্থায় থাকে। এই সময় বিবর্তক চুল্লীটিকে কাৎ করিয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা বন্ধ করা হয় এবং উপযুক্ত পরিমাণ স্পিজেলিসেন গলিত আয়রণে যোগ করা হয়। পরে কয়েক সেকেণ্ডের জন্য বায়ুপ্রবাহ চালনা করিয়া উত্তমরূপে কার্বনকে মিশাইবার ব্যবস্থা করা হয়। পরে বিবর্তক চুল্লীটিকে ঘুরাইয়া গলিত ষ্টীল ইলেকট্রিক চালিত ক্রেনের উপরস্থিত হাতায় ঢালিয়া ফেলা হয় এবং সেখান হইতে উহাকে ছাঁচে ঢালা হয়। অতি সামান্য অ্যালুমিনিয়ম-অথবা টাইটেনিয়াম-আয়রণ সংকর গলিত ষ্টীলে যোগ করিয়া ছাঁচের ভিতর ঢালার সময় বায়ুর বুদ্‌বুদ্‌ অপসারণ করা হয়, যেহেতু বায়ুস্থিত অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন মৌল অ্যালুমিনিয়াম বা টাইটানিয়ামের সহিত যুক্ত হয়। সিলিকার আস্তরণযুক্ত বিবর্তক চুল্লীতে নিম্নলিখিতরূপ বিক্রিয়া হয়:—

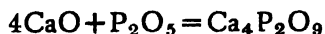
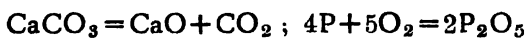
$$2Mn+O_2=2MnO$$
$$Si+O_2=SiO_2$$
$$MnO+SiO_2=MnSiO_3$$
$$2C+O_2=2CO$$
$$2CO+O_2=2CO_2$$

কার্বনের পরিমাণ অনুসারে বিভিন্ন কার্যে ব্যবহৃত ষ্টীল উৎপন্ন হয়, যেমন যন্ত্রাদি উৎপাদনের ষ্টীল (tool-steel, 0·9-1·5%C), নির্মাণকার্যে ব্যবহৃত ষ্টীল (structural steel 0·2 – 0·6%C) এবং নরম ষ্টিল (mild steel 0·2%C)।

ক্ষারীয় বিসিমার পদ্ধতিঃ ফস্‌ফেটঘটিত লৌহ আকরিক হইতে উৎপন্ন কাষ্ট আয়রণে ফস্‌ফোরাস অশুদ্ধি থাকে এবং উৎপন্ন আয়রণ সাধারণ উষ্ণতায় ভঙ্গুর হয় (cold-short)। কিন্তু এই ফস্‌ফোরাস অশুদ্ধিযুক্ত কাষ্ট-আয়রণ হইতে টোমাস এবং গিলক্রাইষ্ট (Thomas and Gilchrist) কর্তৃক 1879 খৃষ্টাব্দে প্রবর্তিত ক্ষারকীয় বিসিমার পদ্ধতি প্রয়োগ করিয়া উত্তম ধর্মবিশিষ্ট ষ্টীল প্রস্তুত করা যায়। এই পদ্ধতিতে বিবর্তক চুল্লীর আস্তরণ হয় ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের অথবা ম্যাগনেসিয়াম ও ক্যালসিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণের। প্রথমে চুল্লীর ভিতর কিছুটা চুনাপাথর কয়লার সহিত যোগ করা হয় এবং বায়ুপ্রবাহ-চালনা আরম্ভ করা হয়। তাহার পর গলিত কাষ্ট-আয়রণ পূর্বের মতভাবে যোগ করিয়া বিবর্তক চুল্লীটি ঘুরাইয়া সোজা করিয়া উচ্চচাপে বায়ুপ্রবাহিত করা হয়। পূর্বের মতই সিলিকন ও ম্যাঙ্গানিজ প্রথমে জারিত হয়, পরে কার্বন ও কিছুটা ফস্‌ফোরাস একসঙ্গে জারিত হয়। এই জারণ প্রক্রিয়া হইতে প্রভূত তাপ উদ্ভূত হয়। যখন সমস্ত কার্বন পুড়িয়া যায়, তখন বিবর্তক চুল্লীর মুখের শিখা অন্তর্হিত হয়, কিন্তু তাহার পরও কয়েক মিনিট ধরিয়া উচ্চচাপে বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। ইহাতেই বাকী ফস্‌ফোরাস জারিত হইয়া ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড (P_2O_5) গঠিত করে। এই ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড চুনের (CaO) সহিত সংযুক্ত হইয়া ধাতুমল (ক্যালসিয়াম ফস্‌ফেট) উৎপন্ন করে। এই ধাতুমলকে **ক্ষারীয় ধাতুমল** অথবা **টোমাস** (Thomas) **ধাতুমল** বলে। ইহার সংকেত হইল $Ca_4P_2O_9$ এবং ইহা জমির ভাল সাররূপে ব্যবহৃত হয়। স্পিজেলিসেন যোগ করিবার পূর্বে ধাতুমলকে চুল্লীর উপরের অংশ হইতে ঢালিয়া ফেলা হয়। পরে বায়ুপ্রবাহ বন্ধ করিয়া গলিত লৌহকে হাতায় (ladle) ঢালিয়া স্পাইজেল যোগ করা হয়। ইহাতে ভাল ষ্টীল পাওয়া যায়।

বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ :—

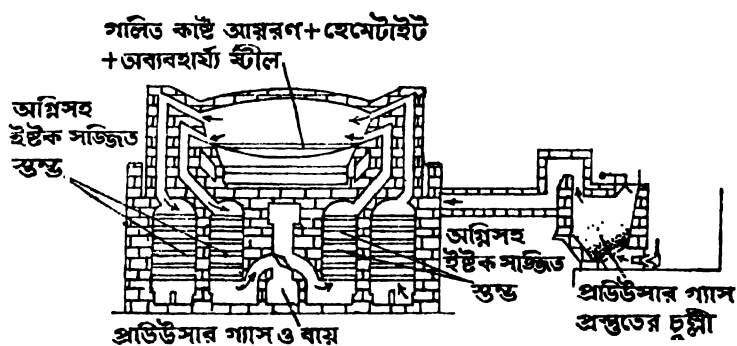
$$CaCO_3 = CaO + CO_2 \; ; \; 4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

$$4CaO + P_2O_5 = Ca_4P_2O_9$$

এই প্রক্রিয়াতে অধিকাংশ সলফারও কাষ্ট-আয়রণ হইতে দূরীভূত হয়। আয়রণে সলফারের উপস্থিতি আয়রণকে উচ্চ উষ্ণতায় ভঙ্গুর করে (red short)। তাই সলফার কাষ্ট-আয়রণ হইতে ষ্টীল প্রস্তুত করিতে যতদূর সম্ভব দূর করা

প্রয়োজন। এই ক্ষারীয় বিসিমার পদ্ধতিতে ধাতুমল বিশেষভাবে ক্ষারীয় থাকায় সলফার এই ক্ষারীয় ধাতুমল দ্বারা শোষিত হয়।

(ii) **সিমেনস মার্টিন ওপন-হার্থ** (Siemens Martin Open-Hearth) **পদ্ধতি :** এই পদ্ধতিতে পরাবর্ত চুল্লীবক্ষে গলিত কাষ্ট-আয়রণের সহিত কিছু হিমাটাইট আকরিক ও অব্যবহার্য ষ্টীলের (Scrap steel) খণ্ড মিশাইয়া পূর্বে উত্তপ্ত (preheated) প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ জ্বালাইয়া উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া ষ্টীল উৎপন্ন করা হয়।

ওপন-হার্থ একটি সুবৃহৎ অগভীর প্রশস্ত চতুষ্কোণ চুল্লী। ইহাতে সমতল চুল্লীবক্ষে মাল রাখিয়া পরাবর্ত চুল্লীর মত উপরের গোলাকৃতি নীচু ছাদ হইতে উত্তপ্ত গ্যাস প্রতিফলিত করিয়া উহাদের গলিত অবস্থায় রাখা হয়। এই চুল্লীর বহির্ভাগ ষ্টীলের পাত দ্বারা নির্মিত। এখানেও চুল্লীবক্ষের চারিদিকের দেওয়াল অ্যাসিড পদ্ধতিতে সিলিকা দ্বারা এবং ক্ষারীয় পদ্ধতিতে চুন (CaO) এবং ম্যাগনেসিয়া (MgO) দ্বারা নির্মিত হয়। প্রডিউসার গ্যাস এবং বায়ু ইটের জাফরি (chequer brick-work) বিশিষ্ট তাপ-পুনরুৎপাদক চুল্লীর একদিকে এক জোড়া করিয়া অবস্থিত কক্ষের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া উত্তপ্ত করিয়া পোড়ান হয়। দগ্ধ গ্যাস চুল্লীর অপর পার্শ্বে অবস্থিত অনুরূপ ইটের জাফরিবিশিষ্ট একজোড়া কক্ষের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া বাহির করিয়া দেওয়া হয়। ইহাতে ইটগুলি উত্তপ্ত হয়। পরে প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণের পথ ঘুরাইয়া এই উত্তপ্ত ইষ্টকশ্রেণীর উপর দিয়া আনিয়া পোড়াইয়া চুল্লীবক্ষ উত্তপ্ত করা হয়। ইতিমধ্যে অপর পার্শ্বের কক্ষদ্বয়ের ইষ্টকগুলি শীতল হইয়া যায়। এখন তাহাদের উপর দিয়া দগ্ধ গ্যাস চালনা করিয়া উহাদের উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে উত্তপ্ত প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণ ব্যবহার করিয়া চুল্লীর উষ্ণতা প্রায় 1800° সেন্টিগ্রেডে তোলা হয়। এই পদ্ধতি পর্যায়ক্রমে চলিতে থাকে। এই পদ্ধতিকে তাপের **"পুনরুৎপাদক পদ্ধতি"** (Regeneration Process) বলে। চুল্লীটিকে Regenerative Furnace বলে। প্রধান চুল্লীর পার্শ্বে অপর একটি চুল্লীতে কয়লা নিয়ন্ত্রিত বায়ুপ্রবাহে জ্বালাইয়া প্রডিউসার গ্যাস (Producer gas, CO এবং N_2এর মিশ্রণ) উৎপাদন করা হয়। মারুতচুল্লী হইতে গলিত কাষ্ট-আয়রণকে সরাসরি চুল্লীবক্ষে ঢালিয়া মধ্যে মধ্যে হিমাটাইট চূর্ণ ও কারখানার অব্যবহার্য ছাঁটাই ইস্পাতের টুকরা যোগ করা হয়। প্রডিউসার গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রণের জ্বলনের ফলে চুল্লীর উত্তাপ রক্ষিত

হয়। কাষ্ট-আয়রণের অশুদ্ধিগুলি (Si, C, P, Mn) হিমাটাইটের অক্সিজেন ও ছাঁটাই ষ্টীলে বর্তমান মরিচার অক্সিজেন দ্বারা এবং বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া অক্সাইডে পরিণত হয়। SiO_2 এবং MnO যুক্ত হইয়া ধাতুমল গঠন করে। কার্বনের জারণের ফলে উৎপন্ন কার্বন মনোক্সাইড বুদ্‌বুদের আকারে উঠিয়া চলিয়া যায়। ক্ষারীয় পদ্ধতিতে ফস্‌ফোরাস জারিত হইয়া যে ফস্‌ফোরাস পেণ্ট অক্সাইড

চিত্র নং—60

উৎপন্ন হয় তাহা চুনের সহিত যুক্ত হইয়া ধাতুমল (ক্যালসিয়াম ফসফেট) গঠন করে। সলফার তাড়াইবার জন্য সোডিয়াম কার্বনেট যোগ করা যাইতে পারে। কাষ্ট-আয়রণের অশুদ্ধিগুলি চলিয়া গেলে গলিত লৌহকে হাতায় ঢালিয়া উহার সহিত উপযুক্ত পরিমাণ স্পিজেল মিশাইয়া ষ্টীল প্রস্তুত করা হয়। ষ্টীলকে গলিত অবস্থায় ছাঁচে ঢালা হয়।

বিসিমার ও সিমেনস্‌-মার্টিন পদ্ধতির তুলনা :—(i) বিসিমার পদ্ধতি 10 – 15 মিনিটে এবং সিমেনস্‌-মার্টিন পদ্ধতি 8 – 10 ঘণ্টায় শেষ হয়। তাই শেষোক্ত পদ্ধতি ধীরে ধীরে নিষ্পন্ন হওয়ায় ইহাকে সহজে সুষ্ঠুভাবে পরিচালনা করা যায়। আরও এই শেষোক্ত পদ্ধতিতে সুবিধামত ষ্টীলের সহিত অন্যান্য দ্রব্য মিশাইবার সুযোগ পাওয়া যায় এবং তাহাতে উচ্চ ধরণের ইস্পাত পাওয়া যাইতে পারে।

(ii) বিসিমার পদ্ধতিতে ব্যবহৃত কাষ্ট-আয়রণ অপেক্ষা কম ষ্টীল পাওয়া যায়; সিমেনস-মার্টিন পদ্ধতিতে হিমাটাইট ও ছাঁটাই ষ্টীল যোগ করার ফলে বেশী ষ্টীল পাওয়া যায়। (iii) বিসিমার পদ্ধতিতে কোন জ্বালানীর দরকার হয় না, সিমেনস্-মার্টিন পদ্ধতিতে দাহ্য গ্যাস জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করিতে হয়। সিমেনস্-মার্টিন পদ্ধতিতে পরিত্যক্ত অব্যবহার্য ছাঁটাই ষ্টীল যাহা ফেলিয়া দিতে হইত তাহা ব্যবহার করিয়া ভাল ষ্টীল পাওয়া যায়।

অনেক সময় কাষ্ট-আয়রণের ফস্‌ফোরাস ব্যতীত অন্যান্য অশুদ্ধিগুলি অ্যাসিড বিসিমার পদ্ধতির প্রয়োগ দ্বারা তাড়াইয়া ফসফোরাসকে ক্ষারীয় সিমেনস্-মার্টিন পদ্ধতি প্রয়োগে দূরীভূত করা হয়। ইহাকে ডুপ্লে (Dupleix) প্রণালী বলে। টাটার কারখানায় এইভাবে দুইটি পদ্ধতি প্রয়োগে ষ্টীল উৎপাদন করা হয়। আমেরিকায় ট্রিপলে (Triplex) প্রণালী প্রয়োগ করিয়া সম্পূর্ণরূপে ফসফোরাস ও সলফার-মুক্ত ষ্টীল প্রস্তুত করা হয়। ইহাতে প্রথমে অ্যাসিড বিসিমার পদ্ধতি প্রয়োগ, পরে ক্ষারীয় সিমেনস্-মার্টিন পদ্ধতি প্রয়োগ এবং সর্বশেষ ইলেকট্রিক চুল্লীতে (Electric furnace—Arc Furnace ও Induction Furnace) উৎপন্ন ষ্টীলের গলন দ্বারা বিশুদ্ধ ষ্টীলের উৎপাদন নিষ্পন্ন করা হয়।

লৌহের প্রকারভেদে তাহাদের ধর্মাবলীর ও ব্যবহারের আলোচনা: বাজারে তিন প্রকারের লৌহ দেখা যায়, যথা,—

(1) **ঢালাই লৌহ:**—ইহাতে শতকরা 2 হইতে 5 ভাগ কার্বন এবং সিলিকন সলফার, ম্যাঙ্গানিজ, ফস্‌ফোরাস প্রভৃতি অশুদ্ধি থাকে। কার্বন সাধারণতঃ আয়রণের সহিত যুক্ত অবস্থায় আয়রণ কার্বাইডরূপে (Fe_3C) থাকে এবং কাষ্ট-আয়রণকে তাড়াতাড়ি শীতল করিলে Fe_3C উৎপন্ন হয়। তখন কাষ্ট-আয়রণের বর্ণ সাদা হয় এবং উহাকে white Cast Iron বলে। যখন কাষ্ট-আয়রণে সিলিকনের পরিমাণ বেশী হয় এবং কাষ্ট আয়রণকে ধীরে ধীরে শীতল করা হয় তখন বেশীর ভাগ কার্বনই গ্র্যাফাইটরূপে থাকে। তখন কাষ্ট-আয়রণ ধূসর বর্ণের হয় এবং উহাকে Grey Cast Iron বলে। এই দুই প্রকারের কাষ্ট-আয়রণের মিশ্রণকে Mottled Cast Iron বলে। ইহার গলনাঙ্ক 1200° সেন্টিগ্রেড। ইহা অত্যন্ত শক্ত এবং ভঙ্গুর, সেইজন্য এই প্রকারের লৌহকে পেটা যায় না। ইহার ভঙ্গুরতার কারণ ইহার কেলাসিত অবস্থা। কাষ্ট-আয়রণ সেই কারণে ঢালাই-এর কার্যে ব্যবহৃত হয় এবং সেই সমস্ত ঢালাই-করা জিনিস ইহা দ্বারা প্রস্তুত করা হয়

যাহাতে কোন কঠিন আঘাত লাগার সম্ভাবনা নাই, যেমন, রেলিং, স্তম্ভ, নল, যন্ত্রের অংশ প্রভৃতি। পৃথিবীতে উৎপাদিত কাষ্ট আয়রণের $\frac{3}{4}$ অংশ ষ্টীল প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয় এবং সামান্য কিছু অংশ পেটা লোহা প্রস্তুতে লাগানো হয়। ইহা হইতে স্থায়ী ম্যাগনেট প্রস্তুত করিতে পারা যায় না।

(II) **পেটা লোহা বা রট-আয়রণ** (Wrought Iron):—ইহাতে কার্বনের পরিমাণ শতকরা 0·12 হইতে 0·25 ভাগ মাত্র। অন্যান্য অশুদ্ধি ইহাতে খুব কম থাকে, তাই বাজারে যে সমস্ত লোহা পাওয়া যায় তাহার ভিতর ইহাই বিশুদ্ধতম লৌহ। ইহার গঠন সূতাতন্তুর মত (fibrous)। ইহার গলনাঙ্ক প্রায় 1500° সেন্টিগ্রেড। ইহা খুবই নরম এবং ইহাকে পিটাইয়া পাতে পরিণত করা যায়। ইহা প্রসার্যমানও বটে, তাই ইহাকে টানিয়া তারে পরিণত করা যায়। ইহা হইতে শিকল, তড়িৎচুম্বকের ভিতরের অংশ (Core), তার, নঙ্গর ও পেটা লোহার দ্রব্যাদি প্রস্তুত করা হয়। ইহাকেও স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায় না।

(III) **ষ্টীল বা ইস্পাত**:—বর্তমান যান্ত্রিক সভ্যতা ষ্টীলের ব্যবহারের উপর নির্ভরশীল। আবার ষ্টীলের ব্যবহার উহার ধর্মের উপর নির্ভর করে। ষ্টীলের ধর্ম আবার (i) উহাতে কার্বনের পরিমাণ, (ii) বিভিন্ন উষ্ণতায় উহাকে উত্তপ্ত করা এবং (iii) উহার সহিত অন্য ধাতু মেশানো—এই তিনটির উপর নির্ভর করে।

কার্বনের পরিমাণ:—কম পরিমাণে কার্বন থাকিলে ষ্টীল পেটা লোহার মত নরম হয় এবং তখন উহাকে নরম (mild) ষ্টীল বলে। কার্বনের পরিমাণ বাড়াইলে ষ্টীলের প্রসার্যমানতা কমিয়া যায় এবং স্থিতি-স্থাপকতা (elasticity—চাপ অপসারণে পূর্বরূপে ফিরিয়া আসিবার ক্ষমতা) শতকরা 1·5 ভাগ কার্বন পর্যন্ত বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। কাষ্ট আয়রণের তনন ক্ষমতা (tensile strength) প্রতিবর্গ ইঞ্চিতে 10 টন, পেটা লোহার তননক্ষমতা প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 25 টন এবং ষ্টীলের তননক্ষমতা প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 30 হইতে 100 টন (1 টন=27 মণ)। পেটা লোহার মত ষ্টীলকে ঝাল (Welding) দেওয়া যায় এবং হাতুড়ি দিয়া পিটাইয়া পাত করা যায়। ষ্টীলের গলনাঙ্ক কাষ্ট-আয়রণ এবং রট-আয়রণের মাঝামাঝি—1300° হইতে 1400° সেন্টিগ্রেড। ইহাকে স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা যায়।

(ii) বিভিন্ন উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ষ্টীলের ধর্মের পরিবর্তন হয়। যেমন, ষ্টীলকে লোহিত তাপে উত্তপ্ত করিয়া তৎক্ষণাৎ শীতল জলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করিলে ইহা খুব শক্ত এবং কাচের মত ভঙ্গুর হইয়া যায়। ইহাকে **কঠিনীকরণ** (harden-

ing) বলে। এই কঠিন ষ্টীলকে পুনরায় বিভিন্ন উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ধীরে ধীরে শীতল করিলে উষ্ণতার মাপ অনুসারে ইহার ধর্মের তারতম্য হয়। এই প্রক্রিয়াকে **কোমলায়ন** (annealing) বলে। এইরূপে প্রথমে শক্ত এবং পরে নরম করার যুক্ত পদ্ধতিকে একত্রে tempering বলে। দ্বিতীয়বার উত্তপ্ত করিবার সময় উষ্ণতার মাত্রা উজ্জ্বল ধাতুর উপর অতি পাতলা আয়রণ অক্সাইডের আস্তরণের বর্ণ হইতে স্থির করা হয়। যেমন,

230° সেন্টিগ্রেড—ষ্টীলের বর্ণ অতি ফিকে খড়ের মত হল্‌দে-ক্ষুরের ব্লেড তৈয়ারীতে ব্যবহৃত হয়।

255° সেন্টিগ্রেড— „ „ বাদামী আভাযুক্ত হলদে—ছুরী এবং কুঠার প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

277° সেন্টিগ্রেড— „ „ লালচে —ছুরী, কাঁচি প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

288° „ „ „ উজ্জ্বল নীল —ঘড়ির স্প্রীং এবং তলোয়ার প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

290°—316° „ „ ঘোর নীল —করাত এবং অন্যান্য যন্ত্র নির্মাণে ব্যবহৃত হয়।

(iii) **অন্য ধাতু যোগ করণ: সংকর ইস্পাত** (Alloy steel)—ষ্টীলকে কার্বন এবং লৌহের সংকর বলা যায়। আবার ষ্টীলের সহিত অন্য ধাতু মিশাইলে ষ্টীলের ধর্ম অনেকাংশে পরিবর্তিত হইয়া থাকে। ষ্টীলের সহিত ক্রোমিয়াম ধাতু মিশাইলে যে ক্রোমিয়াম ষ্টীল উৎপন্ন হয় তাহাতে মরিচা পড়ে না। ইহাকে নিষ্কলঙ্ক (Stainless) ষ্টীল অথবা মরিচাবিহীন (rustless) উজ্জ্বল (Stebrite) ষ্টীলও বলে। ইহাতে সাধারণতঃ শতকরা 14 ভাগ ক্রোমিয়াম, 0·3 ভাগ কার্বন, 0·7 ভাগ নিকেল এবং বাকী আয়রণ থাকে। ম্যাঙ্গানিজ ষ্টীলে শতকরা 9—14 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ থাকে এবং ইহা খুব শক্ত ও ঘাতসহনশীল হয়। ইহা ব্যবহারে খুব কম ক্ষয় হয়। তাই ম্যাঙ্গানিজ ষ্টীল যন্ত্রে ঘর্ষণের ফলে যে অংশগুলি ক্ষয়প্রাপ্ত হয় সেই সকল অংশে, রেল বা ট্রামের লাইন প্রস্তুতে এবং সৈন্যদের শিরস্ত্রাণ

তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়। নিকেল ষ্টীল শক্ত এবং স্থিতিস্থাপক গুণসম্পন্ন (Elastic)। তাই নিকেল ষ্টীল রেলের পাটি তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়। টাংষ্টেন ষ্টীল লোহিত তাপেও কঠিন থাকে। তাই ইহাকে High Speed Tool Steel বলে। যে সমস্ত যন্ত্র অতি দ্রুত ঘূর্ণিত করা হয় তাহা প্রস্তুতে এই টাংষ্টেন ষ্টিল ব্যবহার করা হয়।

তিন প্রকার লৌহের তুলনামূলক আলোচনা

ধর্ম	কাষ্ট আয়রণ	ষ্টীল	রট আয়রণ
1. কার্বনের পরিমাণ	শতকরা 2 হইতে 5 ভাগ	শতকরা 0·25 হইতে 1·5 ভাগ	শতকরা 0·12 হইতে 0·25 ভাগ
2. গলনাঙ্ক	1200° সেণ্টিগ্রেড	1300° হইতে 1400° সেণ্টিগ্রেড	1500° সেণ্টিগ্রেড
3. ভঙ্গুরতা	শক্ত কিন্তু ভঙ্গুর	শক্ত এবং নরম, অ ভ ঙ্গু র, খুব স্থিতিস্থাপক	নরম এবং নমনীয়, পিটিলে পাতে এবং টানিলে তারে পরিণত হয়।
4. তনন-ক্ষমতার পরিমাপ (Tensile Strength)	প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 10 টন	প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 30 হইতে 100 টন	প্রতি বর্গ ইঞ্চিতে 25 টন।
5. গঠন	কেলাসিত	কেলাসিত	তন্তুময়।
6. প্রথমে উত্তাপ এবং পরে শৈত্য প্রয়োগে ক ঠি ন (tempering) :	করা যায় না	করা যায়	করা যায় না।

ধর্ম	কাষ্ট আয়রণ	ষ্টীল	রট আয়রণ
7. ঝাল দেওয়া ও পিটিয়া জোড়া লাগানো	যায় না	যায়	যায়
8. স্থায়ী চুম্বকে পরিণত করা	যায় না	যায়	যায় না
বিভিন্ন প্রকার লৌহের তুলনামূলক ব্যবহারের উল্লেখ :—	ছাঁচে ঢালাই করা দ্রব্যাদি, যথা রেলিং, নল, আলোক স্তম্ভ, উনানের শিক প্রভৃতি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। রট আয়রণ ও ষ্টীল প্রস্তুতে বেশীর ভাগ কাষ্ট আয়রণ ব্যবহৃত হইয়া থাকে।	রেলের পাটি, গাড়ী, জাহাজ, কড়ি, যুদ্ধাস্ত্র, নানাপ্রকার যন্ত্র-পাতি, চাষের উপযুক্ত লাঙ্গলের ফলা ও ট্র্যাক্টার, প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।	তড়িৎ চুম্বকের ভিতরের অংশ (Core), তার, এবং শিকল প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

লৌহের মরিচা পড়া ও তাহার নিবারণ পদ্ধতি (Rusting and rust-prevention) :—লৌহের যে কোন দ্রব্যকে সাধারণ উষ্ণতায় আর্দ্রবায়ুতে রাখিয়া দিলে উহার উপরটা লালচে বাদামী রংএর আল্‌গা গুঁড়া পদার্থদ্বারা আবৃত হয়। এই গুঁড়া ঘষিলেই স্থানচ্যুত হয় এবং এইভাবে লৌহদ্রব্য শীঘ্রই ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। ইহাকেই লোহার মরিচা পড়া (Rusting of iron) বলে। লোহার মরিচা সোদক ফেরিক অক্সাইড এবং উহার সংকেত Fe_2O_3, H_2O অথবা $FeO(OH)$। সদ্য-উৎপন্ন মরিচায় সামান্য পরিমাণ ফেরাস হাইড্রক্সাইড এবং ফেরাস কার্বনেটও থাকে। লোহার উপর একবার মরিচা পড়িতে আরম্ভ করিলে এই পরিবর্তন খুব তাড়াতাড়ি ঘটিতে থাকে। লোহার মরিচা ধরিতে হইলে

উহাকে জল এবং বায়ুর সংস্পর্শে রাখিতে হয় এবং বায়ুর অক্সিজেন ও জলের সহিত লোহার বিক্রিয়া হওয়ার ফলে মরিচা উৎপন্ন হয়। মরিচা সৃষ্টির সময় জল এবং বায়ু এই উভয় পদার্থেরই লৌহের সহিত সংস্পর্শ থাকা চাই।

নিম্নলিখিত সহজ পরীক্ষাগুলি হইতে ইহা সহজেই উপলব্ধি করা যাইবে :—

চারিটি ভাগে কয়েকটি করিয়া উজ্জ্বল পরিষ্কার লৌহের তারকাঁটা লওয়া হইল।

পরীক্ষা (1) :—একটি পরীক্ষানলে কলের জল লইয়া ফোটান হইল যতক্ষণ না জলে দ্রাবিত সমস্ত বায়ু উড়িয়া যায়; ফুটিতে ফুটিতে জল লাফাইয়া উঠিলে (bumping) বুঝা যাইবে যে জল বায়ুশূন্য হইয়াছে। তখন লোহার তারকাঁটার প্রথম ভাগটি জলের ভিতর যোগ করা হইল এবং পুনরায় জলকে 30 সেকেণ্ড ধরিয়া ফোটান হইল। ইহার পর ভেসলিন (veseline) গলাইয়া জলের উপর ঢালিয়া দেওয়া হইল। এই উপায়ে জলের ভিতর বায়ু প্রবেশ করার পথ বন্ধ করিলে কেবল জলের সংস্পর্শে লোহার তারকাঁটাগুলি থাকে। এইভাবে কিছুদিন পরীক্ষানলটিকে রাখিয়া দেওয়া হইল।

পরীক্ষা (2) :—সাধারণ কলের জল অন্য একটি পরীক্ষানল ভর্তি করিয়া লওয়া হইল এবং উক্ত জলের ভিতর লোহার তারকাঁটার দ্বিতীয় ভাগটি যোগ করিয়া কিছুদিন রাখিয়া দেওয়া হইল। এইখানে অনেকখানি জল ও বায়ুর সংস্পর্শে লোহার তারকাঁটাগুলি থাকিল।

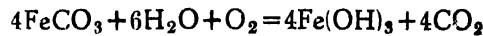
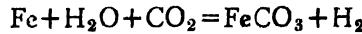
পরীক্ষা (3) :—অন্য একটি পরীক্ষানলে সামান্য পরিমাণে কয়েক ফোঁটা জল লইয়া লোহার তারকাঁটার তৃতীয় ভাগ তাহাতে যোগ করা হইল এবং পরীক্ষানলটি এইভাবে কিছুদিন রাখিয়া দেওয়া হইল। এইখানে সামান্য জল ও বায়ুর সংস্পর্শে লোহার তারকাঁটাগুলিকে রাখা হইল।

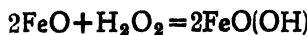
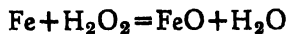
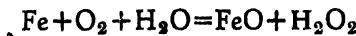
পরীক্ষা (4) :—একটি খর্পরে লোহার তারকাঁটার চতুর্থভাগটি লইয়া খর্পরটিকে একটি ঘন সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত শোষকাধারের ভিতর কিছুদিন রাখিয়া দেওয়া হইল। এখানে কেবলমাত্র শুষ্ক-বায়ুর সংস্পর্শে লোহার তারকাঁটাগুলি রহিল।

কিছুদিন পরে প্রত্যেক স্থানে রক্ষিত লোহার তারকাঁটাগুলিকে পরীক্ষা করিয়া দেখা হইল। কেবল (2) এবং (3) নং পরীক্ষায় পরীক্ষানলে রক্ষিত লোহার তার-কাঁটাগুলিতে মরিচা ধরিয়াছে বলিয়া দেখা যায়। এই পরীক্ষাগুলি হইতে সহজেই উপলব্ধি করা যায় যে লোহার মরিচা পড়িতে হইলে জল এবং বায়ু লৌহের সহিত এই উভয়ের উপস্থিতিই প্রয়োজন।

(2) নং পরীক্ষায় আরও দেখা যায় যে লোহার তারকাঁটাগুলির নীচের দিক উজ্জ্বলই থাকে এবং একমাত্র উপরের অংশে (যাহা বায়ুর সহিত সংস্পর্শে আসে) মরিচা ধরিতে দেখা যায়। ইহা হইতে বুঝা যায় যে আয়রণ প্রথমতঃ দ্রবণে চলিয়া যায় এবং পরে দ্রবণের ফেরাস আয়রণ বায়ু-দ্বারা জারিত হইয়া ফেরিক আয়রণে রূপান্তরিত হয় এবং তখন আর্দ্র বিশ্লেষণের ফলে লোহার তারকাঁটার উপর সোদক ফেরিক অক্সাইড (hydraded ferric oxide) জমা হয়। উহাই মরিচা। মুডি (Moody) ইহা পরীক্ষামূলক ভাবে প্রমাণ করিয়াছেন। তিনি একটি কাচের পাত্রে ঠাসিয়া লোহার তারকাঁটা ভর্তি করেন এবং এই তারকাঁটাগুলি একখানি শক্ত (hardened) ফিলটার কাগজ দ্বারা আবৃত করেন। পরে এই তারকাঁটার উপর কাচের পাত্রের ভিতর পাতিত জল ফুটাইয়া ঠাণ্ডা করিয়া ঢালিয়া দেন। তাহাতে কয়েকদিন পরে দেখা যায় যে ফিলটার কাগজের উপর মরিচা দেখা দিয়াছে।

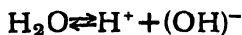
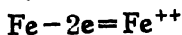
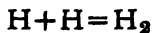
মরিচাতত্ত্ব:—ক্রেস ক্যালভার্ট (Crace Calvert) 1876 খৃষ্টাব্দে এবং ক্রাম ব্রাউন (Crum Brown, সার পি, সি, রায়ের বিলাতের শিক্ষাগুরু) 1888 খৃষ্টাব্দে লোহার মরিচা ধরা সম্বন্ধে নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলি ঘটে বলিয়া মত প্রকাশ করেন:—

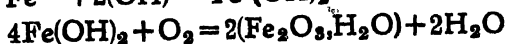
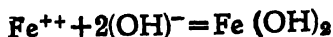
$$Fe+H_2O+CO_2=FeCO_3+H_2$$
$$4FeCO_3+6H_2O+O_2=4Fe(OH)_3+4CO_2$$

মুডি 1906 খৃষ্টাব্দে দেখান যে বিশুদ্ধ লৌহে কার্বন ডাই-অক্সাইডের সম্পূর্ণ অনুপস্থিতিতে জল এবং বায়ুর সংস্পর্শে মরিচা ধরে না। জলে কষ্টিক সোডা যোগ করিলে সেই জলে বায়ুর সংস্পর্শে লৌহ রাখিলে উহাতে মরিচা ধরে না। ডানষ্টান, জোয়েট এবং গোল্ডিং (Dunstan, Jowett and Golding) 1905 খৃষ্টাব্দে প্রথমে এবং পরে 1911 খৃষ্টাব্দে হলের উক্তি সমর্থন করিয়া দেখান যে শিশিরাঙ্কের উপরে আর্দ্র বায়ুতে লোহার মরিচা ধরে না এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডের অনুপস্থিতিতেও আর্দ্র অক্সিজেনে লোহায় মরিচা ধরে। তাহাদের মতে লোহার মরিচা ধরিবার সময় নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে:

$$Fe+O_2+H_2O=FeO+H_2O_2$$
$$Fe+H_2O_2=FeO+H_2O$$
$$2FeO+H_2O_2=2FeO(OH)$$

তাঁহারা লোহার মরিচা ধরিবার সময়ে দ্রবণে কোন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

উৎপন্ন হইতে দেখিতে পান না কিন্তু তাঁহারা দেখান যে যে সমস্ত দ্রব্য হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডকে নষ্ট করিতে পারে তাহারা লোহায় মরিচা ধরাও নিবারিত করে।

ভার্ণন (Vernon) 1935 খৃষ্টাব্দে দেখান যে কার্বন ডাই-অক্সাইড লোহায় মরিচা ধরিতে সাহায্য না করিয়া বরং মরিচা ধরা নিবারণ করে। ল্যাম্বার্ট (Lambert) 1905 খৃষ্টাব্দ হইতে 1915 খৃষ্টাব্দ পর্যন্ত নানাবিধ পরীক্ষা কার্য চালাইয়া দেখান্ যে সমসত্ত্ববিশিষ্ট বিশুদ্ধ লৌহে মরিচা ধরে না এবং নিষ্ক্রিয় লৌহের মত কপার সলফেটের সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু সাধারণ লৌহে কার্বন ডাই-অক্সাইডের অনুপস্থিতিতেও মরিচা ধরে। ল্যাম্বার্ট তাই একটি মরিচাধরার মতবাদ প্রচার করেন। তিনি বলেন যে সাধারণ লৌহে যে সমস্ত অশুদ্ধি বিদ্যমান সেই অশুদ্ধিগুলির কণা ও লৌহের কণার ভিতর জলবিন্দু মিলিত হইয়া তড়িৎকোষের সৃষ্টি করে। এখানে লৌহ অ্যানোডের এবং অপদ্রব্য ক্যাথোডের কার্য করে, এবং জল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থের কার্য করে। প্রথমে অ্যানোডে আয়রণ দ্রবীভূত হইয়া Fe^{++} (ফেরাস) আয়ন উৎপন্ন করে আর সেই সঙ্গে ক্যাথোডে জল হইতে উৎপন্ন H^+ আয়ন মুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয়। ইহার ফলে জল হইতে $(OH)^-$-আয়ন উৎপন্ন হয়। Fe^{++} আয়ন এবং OH^--আয়ন পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া ফেরাস্ হাইড্রক্সাইড উৎপাদন করে। ইহা আবার বায়ুর অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া মরিচায় (Fe_2O_3, H_2O) পরিণত হয়। এই বিক্রিয়া জলে দ্রাবিত বায়ু থাকায় তরান্বিত হয়।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + (OH)^-$$

অ্যানোডে	ক্যাথোডে
$Fe - 2e = Fe^{++}$	$H^+ + e = H$
আয়রণ আয়নিত হয়	$H + H = H_2$
	হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়।
	কিন্তু জলে দ্রাবিত বায়ুর অক্সিজেনের উপস্থিতিতে জায়মান হাইড্রোজেন গ্যাস হিসাবে বাহিরে না আসিয়া জলে পরিণত হয়।

$$Fe^{++} + 2(OH)^- = Fe\,(OH)_2$$
$$4Fe(OH)_2 + O_2 = 2(Fe_2O_3, H_2O) + 2H_2O$$

আবার পরীক্ষামূলকভাবে ইহাও দেখা গিয়াছে যে বিশুদ্ধ আয়রণ স্থানে স্থানে পিটাইয়া অসমসত্ব অবস্থায় আনিলে জল ও বায়ুর সংস্পর্শে উহাতেও মরিচা ধরে। ইহার কারণও একই বলিয়া উল্লেখ করা হইয়াছে। আয়রণের পেটা অংশ ও না পেটা অংশ ক্যাথোড ও অ্যানোডরূপে বায়ুর উপস্থিতিতে জলের সংস্পর্শে কার্য করিয়া থাকে এবং দ্রাবিত অক্সিজেন-যুক্ত জল তড়িৎ-বিশ্লেষ্য পদার্থরূপে কাজ করে। তাই পূর্বের প্রদর্শিত বিক্রিয়ার মত বিক্রিয়া ঘটিয়া উক্ত প্রকারের লৌহেও মরিচা ধরে।

মরিচা নিবারণ :—লৌহের দ্রব্যে মরিচা ধরা নিবারণ করিতে রংলাগানো হয় অথবা গোলাচুন লাগাইয়া উহাকে আবৃত করা হয়। লোহার নলকে উত্তপ্ত করিয়া আল্‌কাতরা হইতে উৎপন্ন পিচকে আলকাতরা হইতে উৎপন্ন ন্যাপথায় দ্রাবিত করিয়া তাহার ভিতর ডোবান হয়। ইহাতে লোহার নলের উপর একটি দুর্ভেদ্য আস্তরণ পড়ে **(আঙ্গুস্ স্মিথের যৌগ)**। **বার্ফ পদ্ধতি** (Barff process) প্রয়োগ করিয়াও মরিচা ধরা নিবারণ করা যায়; এই পদ্ধতিতে লৌহকে লোহিততপ্ত করিয়া তাহার উপর দিয়া ষ্টীম চালনা করা হয়; ইহাতে লৌহের উপর দৃঢ়ভাবে সংবদ্ধ একটি ফেরোসোফেরিক অক্সাইডের (Fe_3O_4) স্তর উৎপন্ন হয়। এই উপায়ে যে সমস্ত লৌহপাত্রে ফল রাখা হয় তাহাদের মরিচা ধরা নিবারণ করা হয়। এই অক্সাইডের স্তরকে ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডযুক্ত-জলসহ উত্তপ্ত করিলে উহা দ্রবীভূত হইয়া অপসারিত হয়। এই তথ্য হইতেই বুঝা যায় কেন সমুদ্রের জল বয়লারকে ক্ষয় করে।

লৌহনির্মিত দ্রব্যে জিঙ্ক, টিন, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতুর প্রলেপ লাগাইয়াও মরিচা ধরা নিবারণ করা হয়। লৌহ-দ্রব্যের উপর নিকেল বা ক্রোমিয়াম ধাতুর তড়িৎ-প্রলেপন (electroplating) দ্বারাও মরিচা ধরা বন্ধ করা যায়। আবার ষ্টীল বা ইস্পাতের সহিত শতকরা 12 বা 14 ভাগ ক্রোমিয়াম ধাতু মিশাইয়া সংকর ইস্পাত (Alloy-steel) উৎপন্ন করা হয়। এই ষ্টীলকে **মরিচাবিহীন ইস্পাত** (Stainless- steel) বলা হয়। এই প্রকারের ক্রোমিয়াম যুক্ত ইস্পাত হইতে প্রস্তুত দ্রব্যাদিতে সহজে মরিচা ধরে না।

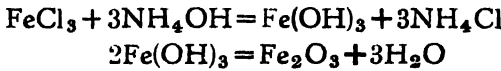
দ্রষ্টব্য :—এইখানে উল্লেখ করিতে হয় যে লোহার মরিচা লোহার মৃদু দহনের (slow combustion) ফলে উৎপন্ন হয়। যখন দাহ্যবস্তুর সহিত অক্সিজেনের রাসায়নিক সংযোগ হইবার সময় আলো ও তাপ উদ্ভূত হয় তখন সেই প্রক্রিয়াকে দহন বলে। যে সকল দহন প্রক্রিয়ায় কেবল সামান্য তাপ উদ্ভূত হয় এবং জলনাঙ্কের

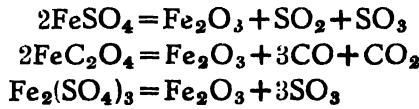
(ignition temperature) নীচে জারণ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহাকে মৃদুদহন বলে। লোহার মরিচা ধরার সময় এই দ্বিতীয় প্রকার জারণই ঘটিয়া থাকে বলিয়া ইহাকে মৃদু দহনের পর্যায়ে ফেলা হয়।

আয়রণের যৌগ—ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) :—

আয়রণের এই অক্সাইড যৌগ প্রকৃতিতে জলবিহীন হিমাটাইট (Fe_2O_3) রূপে এবং জলযুক্ত ব্রাউন হিমাটাইট ($2Fe_2O_3, 3H_2O$) রূপে পাওয়া যায়।

ফেরিক অক্সাইড নানাভাবে প্রস্তুত করা যায়। আয়রণের গুঁড়াকে বায়ুতে জ্বালাইয়া অথবা বাদামী রং-এর ফেরিক হাড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ যাহা কোন ফেরিক লবণের দ্রবণের সহিত অ্যামোনিয়ার দ্রবণ মিশাইয়া পাওয়া যায়, ছাঁকিয়া লইয়া উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন করা যায়।

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$
$$2Fe(OH)_3 = Fe_2O_3 + 3H_2O$$

ফেরাস সলফেট, ফেরাস অক্সেলেট, ফেরিক সলফেট অথবা ফেরিক নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিলে ফেরিক অক্সাইড পাওয়া যায়।

$$2FeSO_4 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$
$$2FeC_2O_4 = Fe_2O_3 + 3CO + CO_2$$
$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3$$

[এইভাবে ফেরাস সলফেট হইতে উৎপন্ন সূক্ষ্ম ফেরিক-অক্সাইডের গুঁড়াকে **রুজ** (rouge) বলে।] $4Fe(NO_3)_3 = 2Fe_2O_3 + 12NO_2 + 3O_2$

ধর্ম :—ইহাকে হাইড্রোজেন-ক্লোরাইডের প্রবাহে তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ইহা কেলাসিত পদার্থে পরিণত হয়। ইহা গাঢ় লাল রংএর কঠিন পদার্থ। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কম উত্তাপে উৎপন্ন হইলে অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় এবং ফেরিক লবণ দেয়। কিন্তু লোহিততাপে উৎপন্ন হইলে বা উৎপন্ন ফেরিক-অক্সাইডকে তীব্রভাবে লোহিততাপে উত্তপ্ত করিলে ফেরিক অক্সাইড আর অ্যাসিডে দ্রবীভূত হয় না। তখন উহাকে অ্যাসিডে দ্রাবিত করিতে হইলে কঠিন কষ্টিক সোডার সহিত মিশাইয়া উত্তাপ প্রয়োগে মিশ্রণকে গলাইয়া কিছুক্ষণ উত্তপ্ত করিতে হয়; তখন উহা অ্যাসিডে দ্রাব্য হয়।

ফেরিক অক্সাইডের ব্যবহার :—ইহা গহনা পালিশে (রুজ), রং (Venetian red) হিসাবে, গালে ও ঠোঁটের প্রসাধনকার্যে এবং কোন কোন বিক্রিয়ায় **অনুঘটকরূপে** ব্যবহৃত হয়।

আয়রণের প্রাকৃতিক যৌগ হইতে আয়রণের বিভিন্ন যৌগ উৎপাদন :—আয়রণের যৌগ দুই প্রকার, ফেরাস্ (Ferrous, যাহাতে আয়রণ দ্বিযোজী) এবং ফেরিক (Ferric, যাহাতে আয়রণ ত্রিযোজী) (পৃঃ ২৮৯ 1 নং ছক দেখ)।

1

2

FeS_2
মার্কাসাইট
আর্দ্র বায়ুতে স্তূপাকৃতি করিয়া
ফেলিয়া রাখিলে
$FeSO_4$
জলে দ্রাবিত করিলে
$FeSO_4$ এবং H_2SO_4
দ্রবণে
অ্যামোনিয়াম
সলফেটের দ্রবণে
যোগ করিয়া
দ্রবণকে কেলাসিত
করিলে
$Fe_2(SO_4)_3$
হরিদ্রাভ সাদা
গুঁড়া; জলে ধীরে
ধীরে দ্রাবিত হয়।
গাঢ় সলফিউরিক
অ্যাসিডের সহিত
ফুটাইলে
লোহিত তাপে
উত্তাপ প্রয়োগ
করিলে
Fe_2O_3
(রুজ)
$FeSO_4, 7H_2O$
পরিস্রাবণ করিয়া
কেলাসিত করিলে
$FeSO_4$
দ্রবণে
গলিত কষ্টিক সোডার
সহিত উত্তপ্ত করিলে
সোদক Fe_2O_3
HCl এ দ্রাবিত
করিলে
$FeCl_3$
দ্রবণে
কেলাসিত
করিলে
$FeCl_3, 6H_2O$
হলুদ রং এর
কেলাসিত কঠিন
মধ্যমপ্রকার
গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড
যোগ করিলে
$Fe(NO_3)_3$
দ্রবণে
পরিস্রাবণ করিয়া
কেলাসিত করিলে
উত্তপ্ত করিলে
$(NH_4)_2SO_4, Fe_2(SO_4)_3, 24H_2O$
ফেরিক অ্যামোনিয়াম অ্যালম।
$Fe(NO_3)_3, 9H_2O$

Questions

1. Describe the method of extraction of metallic sodium from caustic soda. State its properties and uses.

১। কষ্টিক সোডা হইতে ধাতব সোডিয়াম উৎপাদনের পদ্ধতি বর্ণনা কর। সোডিয়ামের ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

2. What happens when (*a*) metallic sodium is added to water, (*b*) ammonia gas is passed over heated metallic sodium, (*c*) aluminium chloride is heated with metallic sodium and (*d*) sodium is heated in an atmosphere of hydrogen.

Give equation in each case.

২। নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলিতে কি ঘটিয়া থাকে ?

(ক) জলে ধাতব সোডিয়াম যোগ করা হইল ; (খ) উত্তপ্ত ধাতব সোডিয়ামের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করা হইল ; (গ) অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডকে ধাতব সোডিয়ামের সহিত উত্তপ্ত করা হইল এবং (ঘ) ধাতব সোডিয়ামকে হাইড্রোজেন গ্যাসের ভিতর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হইল।

প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ দাও।

3. How is pure sodium chloride prepared from common salt ? How can metallic sodium be extracted from common salt ? Describe the properties and uses of sodium chloride.

৩। সাধারণ খাদ্যলবণ হইতে কিভাবে বিশুদ্ধ সোডিয়াম ক্লোরাইড প্রস্তুত করা হয় ? সাধারণ খাদ্যলবণ হইতে ধাতব সোডিয়াম কিভাবে নিষ্কাশিত করা হয় ? সোডিয়াম ক্লোরাইডের ধর্ম ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

4. How is caustic soda prepared ? State its properties, What change does it undergo when it is exposed to the atmosphere ?

What happens when a solution of caustic soda is added to a solution of copper sulphate, zinc sulphate, aluminium sulphate and ammonium chloride ? Give equations, stating the conditions wherever necessary.

৪। কষ্টিক সোডা কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার ধর্মাবলীর উল্লেখ কর। ইহাকে বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে ইহার কি পরিবর্তন হয় ?

যখন কষ্টিক সোডা নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির দ্রবণে যোগ করা হয়, তখন কি ঘটিয়া থাকে ?—কপার সলফেট, জিঙ্ক সলফেট, অ্যালুমিনিয়াম সলফেট এবং অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ? বিক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় অবস্থার উল্লেখ করিয়া প্রত্যেক ক্ষেত্রে সমীকরণ দ্বারা উহাদের প্রকাশ কর।

5. Starting with common salt how will you prepare (*a*) Na, (*b*) Cl_2, (*c*) NaOH, (*d*) HCl. (*e*) Na_2CO_3 and (*f*) Na_2SO_4 ?

(৫) সাধারণ খাদ্য লবণ লইয়া নিম্নলিখিত পদার্থগুলির উৎপাদন বর্ণনা কর :—(ক) সোডিয়াম, (খ) ক্লোরিণ, (গ) সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড, (ঘ) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড, (ঙ) সোডিয়াম কার্বনেট এবং (চ) সোডিয়াম সলফেট।

6. Mention and important industry based on the use of common salt as the starting material. Describe the procedure followed in that industry in order to get the final product.

৬। সাধারণ লবণ ব্যবহার করিয়া যে একটি পদার্থ শিল্পপ্রণালী দ্বারা উৎপাদিত হয় তাহা উল্লেখ কর। সেই শিল্প উৎপাদনে যে পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া উদ্দেশিত পদার্থটি পাওয়া যায় তাহার বর্ণনা দাও।

7. Compare Le blanc process for the manufacture of sodium carbonate with Solvay's process for the same. How will you get (*a*) NaOH, (*b*) $NaHCO_3$, starting from Na_2CO_3 ?

৭। সোডিয়াম কার্বনেট উৎপাদনের লেব্যাঙ্ক পদ্ধতির সহিত সল্‌ভে পদ্ধতির তুলনা কর। সোডিয়াম কার্বনেট হইতে কিভাবে (ক) কষ্টিক সোডা এবং (খ) সোডিয়াম বাইকার্বনেট পাওয়া যাইবে ?

8. How would you test for the presence of carbonates and chlorides in commercial NaOH ? How would you remove them, if found present ? How do aqueous solution of Na_2CO_3 have alkaline properties ?

৮। পণ্য-সোডিয়াম হাইড্রক্সাইডে কার্বনেট এবং ক্লোরাইডের উপস্থিতি কিভাবে প্রমাণ করা যায় ? যদি উহাদের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়, তাহা হইলে উহাদের কিভাবে দূরীভূত করিবে ? সোডিয়াম কার্বনেটের জলীয় দ্রবণের ক্ষারীয় ধর্ম কেন হইয়া থাকে ?

9. What is glass ? How is it obtained ? What is "annealing" ? What are the different kinds of glass ? State the uses of glass.

How does Jena glass and Pyrex glass differ from ordinary glass ?

৯। কাচ কি জিনিষ ? কাচের প্রকার ভেদ কি কি ? কাচের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। জেনা কাচের এবং পাইরেক্স কাচের সাধারণ কাচ হইতে কি পার্থক্য তাহা উল্লেখ কর।

10. What are the important sources of magnesium ? How is the metal extracted from (*a*) natural carbonate of magnesium and (*b*) double chloride of magnesium and sodium ? Describe its important properties and uses. (*b*) Starting with a naturally occurring compound of magnesium, how will you prepare its oxide, chloride, sulphate and nitrate ?

১০। (ক) ম্যাগনেসিয়ামের বিশেষ উৎসগুলি উল্লেখ কর। ম্যাগনেসিয়াম ধাতু—(ক) প্রাকৃতিক কার্বনেট হইতে এবং (খ) সোডিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ামের মিশ্র ক্লোরাইড হইতে কিভাবে নিষ্কাশিত করা হয় ? ইহার বিশেষ বিশেষ ধর্মগুলি উল্লেখ কর এবং ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

(খ) ম্যাগনেসিয়ামের একটি প্রাকৃতিক যৌগ হইতে কিভাবে ইহার অক্সাইড, ক্লোরাইড, সলফেট এবং নাইট্রেট প্রস্তুত করিতে পারা যায় ?

11. How does calcium occur in nature ? How is metallic calcium prepared ? What are its properties and uses ?

১১। ক্যালসিয়াম প্রকৃতিতে কিভাবে পাওয়া যায় ? ধাতব ক্যালসিয়াম কিভাবে উৎপাদন করা হয় ? ইহার ধর্মাবলী ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

12. Distinguish between quicklime and slaked lime. How are they prepared on a large scale and what are their principal uses ?

How will you prepare (*a*) slaked lime, (*b*) lime water and (*c*) milk of lime from quicklime ?

১২। পাথুরে চুন এবং কলিচুনের পার্থক্য উল্লেখ কর। উহাদের পণ্য উৎপাদন এবং উহাদের ব্যবহার বর্ণনা কর।

পাথুরে চুন হইতে কিভাবে (ক) কলিচুন, (খ) চুনের জল এবং (গ) চুন গোলা প্রস্তুত করা যায় ?

13. Mention at least *three* compounds of calcium used on a commercial scale ? Mention how they are prepared and describe the action of water on each of those three compounds.

১৩। পণ্যে ব্যবহৃত ক্যালসিয়ামের তিনটি যৌগের উল্লেখ কর। কিভাবে এইগুলি উৎপাদন করা যায় এবং ইহাদের উপর জলের বিক্রিয়া বর্ণনা কর।

14. Name the principal ores of copper. Describe any process for extracting copper from its sulpidic ores, stating the reactions occurring at different stages. State the properties and uses of the metal.

১৪। কপারের প্রধান প্রধান আকরিকগুলির নাম কর। কপারের সালফাইড ঘটিত আকরিক হইতে নিষ্কাশন বর্ণনা কর এবং নিষ্কাশনের বিভিন্ন স্তরে যে বিক্রিয়াগুলি হয় তাহা উল্লেখ কর।

ধাতুর ধর্মাবলী এবং ব্যবহার উল্লেখ কর।

15. Describe the reactions involved in the different stages of extraction of copper form copper pyrites. How is the metal refined ? State two of the principal uses of the metal. [W. Bengal Higher Secondary, (Science), 1960]

১৫। ধাতব কপারের কপার পাইরাইটিস হইতে নিষ্কাশনের সময় যে বিক্রিয়াগুলি হয় তাহা বর্ণনা কর। ধাতুটির শোধন প্রণালী বর্ণনা কর। ধাতুর দুইটি ব্যবহার উল্লেখ কর।

16. Mention the principal ores of zinc and state how the metal can be obtained from its sulphide ore. Describe its properties and uses. Mention two of its alloys with their uses.

What is galvanising ? In what respects does it differ from "tinning" ?

১৬। জিঙ্কের প্রধান আকরিকগুলি উল্লেখ কর। ইহার সলফাইড আকরিক হইতে ইহাকে কিভাবে নিষ্কাশিত করা হয়। ইহার ধর্মাবলী ও ব্যবহার বর্ণনা কর। ইহার দুইটি সংকরের নাম কর এবং তাহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।

দস্তালেপন কি ? টিনলেপন হইতে ইহার প্রভেদ কোথায় ?

17. Name the naturally occurring compounds of aluminium with their formulae. Give an account of the extraction of alluminium from its ores. Mention its properties and uses.

Name two of its important alloys and mention their uses.

১৭। অ্যালুমিনিয়ামের প্রাকৃতিক যৌগগুলির নাম সংকেতসহ উল্লেখ কর। অ্যালুমিনিয়ামের আকরিক হইতে অ্যালুমিনিয়ামের নিষ্কাশনপদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ধর্মাবলী ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

অ্যালুমিনিয়ামের দুইটি সংকরের নাম কর এবং উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।

18. How is aluminium extracted from bauxite ? State three of its chemical properties and two of its industrial uses. What is "thermit" process ? [West Bengal, Higher Secondary (Science), 1960].

১৮। বক্সাইট হইতে কিভাবে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশিত করা হয় ? ইহার তিনটি রাসায়নিক ধর্ম এবং ইহার দুইটি শিল্পে ব্যবহার উল্লেখ কর। "থার্মিট পদ্ধতি" কি ?

19. What is an alum ? Name the principal alums. Describe the method of preparation of common alum and state its properties and uses.

Starting from a naturally occurring compound of aluminium show schemetically how will you prepare anhydrous aluminium chloride, pure alumina, and aluminium sulphate.

১৯। অ্যালম কি পদার্থ ? প্রধান প্রধান অ্যালমগুলি উল্লেখ কর। সাধারণ অ্যালমের উৎপাদন বর্ণনা কর এবং ইহার ধর্মাবলী ও ব্যবহার উল্লেখ কর।

অ্যালুমিনিয়ামের একটি প্রাকৃতিক যৌগ হইতে রেখা দিয়া দেখাও কিভাবে অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড, বিশুদ্ধ অ্যালুমিনা এবং অ্যালুমিনিয়াম সলফেট প্রস্তুত করা যায়।

20. Name the important ores of lead and explain by means of equation the different stages in the extraction of the metal from its ores.

State its properties and uses. Can you name an important alloy of lead with its composition ?

২০। লেডের বিশেষ বিশেষ আকরিকগুলির নাম কর এবং সমীকরণ সহকারে বিভিন্ন স্তরে উহার আকরিক হইতে লেডের নিষ্কাশন বর্ণনা কর।

ইহার ধর্মাবলী ও ব্যবহার উল্লেখ কর। লেডের একটি সংকর উহার গঠনসহ উল্লেখ করিতে পার কি ?

21. (*a*) What is white lead ? Describe the Dutch process for manufacturing white lead. Explain the reactions that occur. What substitutes for white lead have been proposed to be used as a white paint ?

(*b*) Starting with metallic lead, how do you prepare litharge and red lead ?

২১। (ক) শ্বেতসীস কি জিনিষ ? ডাচ পদ্ধতি দ্বারা ইহার পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর। বিক্রিয়াগুলি ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। সাদা রং হিসাবে শ্বেতসীসের পরিবর্তে আর কোন্ কোন্ দ্রব্য ব্যবহার করার ব্যবস্থা হইয়াছে ? (খ) ধাতব লেড লইয়া আরম্ভ করিয়া কিভাবে লিথার্জ এবং রেড লেড উৎপাদন করা যায় ?

22. Name the principal ores of iron. Describe the process of making cast iron from iron ores, giving a neat sketch of the blast furnace used in the operation. What are the ingredients of the charge introduced into the blast furnace and what are the main reactions occurring there? What are the impurities present in cast iron and what are its uses?

২২। আয়রণের প্রধান প্রধান আকরিকগুলির নাম বল। লৌহের আকরিক হইতে ঢালাই লোহা প্রস্তুতের প্রণালী মারুতচুল্লীর ছবিসহ বর্ণনা কর। মারুতচুল্লীতে কোন্ কোন্ পদার্থের মিশ্রণ যোগ করা হয় এবং সেখানে প্রধান বিক্রিয়া কি ঘটিয়া থাকে? ঢালাই লোহাতে কোন্ কোন্ অশুদ্ধি বর্তমান থাকে এবং উহার ব্যবহার কি তাহা উল্লেখ কর।

23. What is the difference in composition of cast iron, wrought iron and steel? Compare their properties and tabulate their uses. How is cast iron converted into steel?

২৩। ঢালাই লোহা, পেটা লোহা এবং ইস্পাতের গঠনে কি পার্থক্য দেখা যায়? উহাদের ধর্মাবলীর তুলনামূলক আলোচনা কর এবং উহাদের ব্যবহার লিপিবদ্ধ কর। ঢালাই লোহাকে কিভাবে ইস্পাতে পরিণত করা যায়?

24. What is steel? Describe in brief the Bessemer Process and compare the Bessemer and the Open Hearth processes for the manufacture of steel, What are (*a*) mild steel, (*b*) high speed tool steel and (*c*) spiegeleisen?

২৪। ইস্পাত কি পদার্থ? ইস্পাত উৎপাদনের বিসিমার পদ্ধতি এবং ওপেনহার্থ পদ্ধতি বর্ণনা কর এবং উহাদের তুলনামূলক আলোচনা দাও। (ক) নরম ইস্পাত, (খ) উচ্চ ঘূর্ণনে অভ্যস্ত যন্ত্রে ব্যবহৃত ইস্পাত এবং (গ) স্পিজেলিসেন কি প্রকার পদার্থ?

25. What is rust? Describe experiments to show that both air and moisture are necessary for rusting of iron. How is it that apparently pure but non-homogeneous iron rusts though pure homogeneous iron does not rust? Describe the methods commonly used for the prevention of rusting of iron.

২৫। মরিচা কি জিনিষ? পরীক্ষামূলকভাবে দেখাও যে বায়ু এবং জল উভয়ের উপস্থিতিই আয়রণের মরিচা উৎপাদনে প্রয়োজন হয়। দৃশ্যতঃ বিশুদ্ধ কিন্তু অসমসত্ত আয়রণে মরিচা ধরে কিন্তু বিশুদ্ধ এবং সমসত্ত আয়রণে মরিচা ধরে না—ইহার কারণ কিভাবে ব্যাখ্যা করিবে? আয়রণে মরিচা ধরা নিবারণ করিতে কোন্ কোন্ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়?

26. Write how are the followings prepared and what are their uses:

(*i*) Plaster of Paris, (*ii*) Blue vitriol, (*iii*) White lead, (*iv*) Glass, (*v*) red lead and (*vi*) rouge.

২৬। নিম্নলিখিত পদার্থগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয় এবং তাহাদের ব্যবহার কি তাহা উল্লেখ কর:—

(i) প্যারিস প্লাষ্টার, (ii) নীল কাসিস, (iii) শ্বেতসীস, (iv) কাচ, (v) মেটে সিন্দুর এবং (vi) রুজ।

27. Name the raw materials used in the blast furnace for extraction of pig iron. Give a brief description of the reactions and explain them with help of simple equations.

State very briefly the principle of preparation of steel from pig iron. (Description of any of the processes is not required.)

What is rust? Mention two methods for rust prevention. [West Bengal Higher Secondary, (Science), 1960.]

২৭। মারুতচুল্লী প্রয়োগে ঢালাই লোহা প্রস্তুত করিতে কি কি কাঁচা মাল ব্যবহৃত হয় তাহা উল্লেখ কর। সংক্ষেপে সংঘটিত বিক্রিয়াগুলি বর্ণনা কর এবং সহজ সমীকরণ দ্বারা তাহাদের ব্যাখ্যা কর।

অতি সংক্ষেপে যে নীতি প্রয়োগ করিয়া ঢালাই লোহা হইতে ইস্পাত উৎপাদন করা হয় তাহার বর্ণনা দাও। (কোন পদ্ধতির বর্ণনা নিষ্প্রয়োজন)।

মরিচা কি? মরিচা-নিবারণের দুইটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

28. Write notes on composition and uses of the following :—

(*a*) Brass, (*b*) German silver, (*c*) Aluminium bronze, (*d*) Magnalium, (*e*) Duralumin, (*f*) Common solder and (*g*) Type metal.

২৮। নিম্নলিখিত দ্রব্যগুলির গঠন এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ:—

(ক) ব্রাস, (খ) জার্মান সিলভার, (গ) অ্যালুমিনিয়াম ব্রোঞ্জ, (গ) ম্যাগনালিয়াম, (ঙ) ডুর‍্যালুমিন, (চ) সাধারণ ঝাল, এবং (ছ) টাইপ ধাতু।

29. Describe the preparation of green vitriol from ferric oxide and vice versa? Can you prepare a sample of pure Fe_3O_4 from green vitriol? If so, describe the process in details. [Andhra University]

২৯। ফেরিক অক্সাইড হইতে ফেরাস সলফেট (সবুজ কাসিস) এবং ফেরাস সলফেট হইতে ফেরিক অক্সাইড কি ভাবে উৎপাদন করা যায় তাহার বর্ণনা দাও। ফেরাস সলফেট হইতে কোনও উপায়ে কি ট্রাইফেরিক টেট্রক্সাইড প্রস্তুত করা যায়? যদি যায়, তবে সেই পদ্ধতি বিশেষভাবে বর্ণনা কর।

জৈব রসায়ন

বা

কার্বনের যৌগবিষয়ক রসায়ন

(Organic Chemistry

Or

Chemistry of Carbon Compounds)

জৈব রসায়ন বা কার্বনের যৌগবিষয়ক রসায়ন

প্রথম অধ্যায়

প্রাথমিক আলোচনা

অতি প্রাচীনকাল হইতেই মানুষ তৈল, চর্বি, (ঘি, মাখন প্রভৃতি) চিনি, শ্বেতসার, ধূপ, আঠা, রজন (resin), গন্ধদ্রব্য এবং রঞ্জক দ্রব্য প্রভৃতির ব্যবহার বেশ ভালভাবে জানিত। প্রাচীন যুগের লোকেরা সাবান তৈয়ারী করিতে জানিত এবং রঞ্জক দ্রব্য, মদ, নীল রং দিয়া কাপড় রং করার জন্য নীল (স্বাভাবিক) ইত্যাদি প্রস্তুতের পদ্ধতিও তাহাদের জানা ছিল। কিন্তু এই সমস্ত দ্রব্য উদ্ভিদ্ অথবা প্রাণিজগৎ হইতে প্রত্যক্ষ অথবা পরোক্ষভাবে পাওয়া যাইত। তাই তখনকার দিনে লোকের মনে ধারণা হইয়াছিল যে এই সকল দ্রব্য জীবিত কোষের (living cells) কোন অজ্ঞাত **প্রাণশক্তির** (vital force) সাহায্যে কেবল প্রাণীদেহে অথবা উদ্ভিদের মধ্যে উৎপন্ন হয়; কৃত্রিম উপায়ে পরীক্ষাগারে ইহাদের প্রস্তুত করা যায় না। জীবিত কোষে উৎপন্ন হয় বলিয়া এইসকল পদার্থের নাম দেওয়া হয় **জৈবপদার্থ** (Organic compounds) এবং যে শাস্ত্রে ইহাদের রাসায়নিক আলোচনা করা হয় তাহাকে **জৈবরসায়ন** (Organic chemistry) বলা হয়। মদ হইতে ভিনিগার (vinegar), লেবু হইতে সাইট্রিক (citric) অ্যাসিড, টক দুধ হইতে ল্যাক্টিক (lactic) অ্যাসিড, তেঁতুল হইতে টারটারিক (tartaric) অ্যাসিড, মানুষের মূত্র হইতে ইউরিয়া (urea) প্রভৃতি জৈব দ্রব্য প্রস্তুত করিবার প্রণালী জৈব রসায়নে পৃথকভাবে আলোচনা হইবার পূর্ব হইতেই জানা ছিল। অপরপক্ষে অজৈব দ্রব্য (Inorganic compound) হইল ধাতব লবণ, ক্ষার, অ্যাসিড প্রভৃতি, কারণ ইহারা প্রাণহীন প্রস্তর ও খনিজ পদার্থ হইতে উৎপাদিত হয়। ইহাদের বিষয় যে শাস্ত্রে রাসায়নিক-ভাবে আলোচিত হয় তাহাকে **অজৈব রসায়ন** (Inorganic chemistry) বলা হয়।

ফ্রান্সের ঋষি প্রতিম বৈজ্ঞানিক ল্যাভয়সিয়ার (Lavoisier, 1743-94) নির্ভুলভাবে অনেকগুলি জৈব পদার্থ বিশ্লেষিত করিয়া দেখান যে তাহার সমস্তগুলিতেই কার্বন আছে এবং কোন কোনটিতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন ছাড়াও নাইট্রোজেন থাকে। আরও পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে বিভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট

অধিকাংশ জৈব যৌগে মাত্র তিনটি মৌলিক পদার্থ কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বিভিন্ন অনুপাতে বিদ্যমান। কোহল (alcohol), জৈব অ্যাসিড (যথা, অ্যাসিটিক, টারটারিক, সাইট্রিক প্রভৃতি) চিনি, তৈল, গ্লিসারিণ প্রভৃতি জৈব যৌগের ধর্ম সম্পূর্ণ বিভিন্ন কিন্তু ইহারা সকলেই কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের বিভিন্ন অনুপাতে সংযোগের ফলে উৎপন্ন হয়। অজৈব পদার্থের বেলায় এইরূপ ঘটিতে দেখা যায় না। দুইটি মৌল হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের সংযোগের ফলে মাত্র দুইটি যৌগ উৎপন্ন হইতে দেখা যায়। হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং সালফারের বিভিন্ন অনুপাতে সংযোগের ফলে মাত্র 13টি যৌগ পাওয়া যায়; কিন্তু কার্বন হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের বিভিন্ন অনুপাতে এবং এমন কি সময় সময় একই অনুপাতে সংযোগের ফলে উৎপন্ন জৈব পদার্থ বিভিন্ন প্রকারের হইয়া থাকে যেমন C_2H_6O দুইটি বিভিন্ন যৌগ পদার্থকে বুঝায়, ইথার এবং কোহল। আবার $C_8H_{12}O_4$ এই সংকেত দ্বারা 66টি বিভিন্ন যৌগকে প্রকাশ করা যায়। কাজেই বার্জেলিয়াসের (Berzelius, 1779-1848) মতে কেবলমাত্র প্রাণশক্তির সাহায্যেই এই প্রকার জৈব যৌগ উৎপন্ন হইতে পারে।

কিন্তু 1828 খৃষ্টাব্দে ভূল্‌হার (Wohler, 1800—1882) হঠাৎ একটি অজৈব পদার্থ অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO, লেডসায়ানেট ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড হইতে উদ্ভূত) উত্তপ্ত করিয়া একটি পুরাপুরী জৈব পদার্থ ইউরিয়া (urea, N_2H_4CO, যাহা প্রাণীর মূত্র হইতে প্রাপ্ত হওয়া যায়) প্রাপ্ত হন।

$$NH_4CNO \rightarrow CO(NH_2)_2$$

অ্যামোনিয়াম সায়ানেট → ইউরিয়া

এই আবিষ্কার প্রাণশক্তির অবর্তমানে জৈব পদার্থ সৃষ্ট হইতে পারে না—বার্জেলিয়াসের এই মতবাদের মূলে কুঠারাঘাত করে। ভুলহার বার্জেলিয়াসকে এই আবিষ্ক্রিয়ার পরে লেখেন, "আমি আপনাকে বলিতে চাই কোন প্রাণীর—মানুষ বা কুকুরের-মূত্রাশয় (Kidney) ছাড়াও আমি ইউরিয়া প্রস্তুত করিতে পারি।" এই আবিষ্ক্রিয়ার পর পরীক্ষাগারে শত শত জৈব পদার্থ প্রস্তুত করা হইয়াছে। কাজেই বর্তমানে জৈব পদার্থ বলিতে আমরা কার্বন-ঘটিত পদার্থই বুঝিয়া থাকি এবং কার্বন-যুক্ত যৌগের রাসায়নিক আলোচনা যে শাস্ত্রে হইয়া থাকে তাহাই জৈব-রসায়ন।

কেবল কার্বনের দুইটি অক্সাইড—কার্বন মনোক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড এবং কার্বন ডাই-অক্সাইড হইতে উৎপন্ন ধাতব কার্বনেট সমূহ অজৈব রসায়নের অন্তর্গত বলিয়া ধরা হয় এবং সেই কারণে অজৈব রসায়নে ইহাদের আলোচনা করা হইয়াছে। ("রসায়নের গোড়ার কথা" দ্বিতীয় ভাগ, পৃঃ ১২৫—পৃঃ ১৪৮)।

আরও একটি বিশেষত্বের জন্যও কার্বনযুক্ত যৌগের আলোচনা পৃথক্ ভাবে করা প্রয়োজন হইয়া পড়িয়াছে। কার্বনঘটিত যৌগ-পদার্থের সংখ্যা দশ লক্ষেরও অধিক, আর কোন মৌলের এত অধিক সংখ্যক যৌগ নাই। প্রকৃত পক্ষে অন্যান্য 91টি প্রাকৃতিক মৌলের সমস্ত যৌগ একত্র করিলেও একলক্ষ হইবে না। তাই জৈবরসায়ন অজৈবরসায়ন হইতে ভিন্ন করিয়া আলোচনা করা হইয়া থাকে। উপরন্তু কার্বনের যৌগগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায় এবং শ্রেণীগুলির ভিতর সাদৃশ্যও খুব বেশী। জৈব রসায়নের পৃথক্‌ভাবে আলোচনার ইহাও একটি কারণ।

জৈব ও অজৈব যৌগের পার্থক্য :—মূলতঃ জৈব ও অজৈব যৌগের গঠনে একই প্রকারের সংযোগ সূত্রগুলি প্রযোজ্য দেখা যায়। তাই জৈব ও অজৈব রসায়নের পার্থক্য কতকটা মনগড়া; তাহা হইলেও পঠনপাঠনের সুবিধার জন্য রসায়নশাস্ত্রের এই বিভাগ মানিয়া লওয়া হইয়াছে। জৈব ও অজৈব যৌগের ভিতর নিম্নলিখিত পার্থক্যগুলি প্রণিধানযোগ্য :—

জৈব যৌগ	অজৈব যৌগ
1. কার্বন ঘটিত জৈব যৌগের সংখ্যা প্রায় দশ লক্ষ।	1. অন্যান্য সমস্ত মৌলের যৌগ-সংখ্যা একত্র করিলে মোট প্রায় 75000 হইবে।
2. জৈব যৌগগুলি পরস্পর পরস্পরের সহিত বিশেষভাবে সম্বন্ধ যুক্ত এবং তাহারা বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভাজ্য। যেমন, অ্যালকোহল এক শ্রেণীর জৈব যৌগ; অ্যালডিহাইড	2. অজৈব যৌগে অনুরূপ কোন কার্যকরী গ্রুপের অস্তিত্ব দেখা যায় না।

জৈব যৌগ

আর এক শ্রেণীর জৈব যৌগ; অ্যাসিড আর এক শ্রেণীর জৈব যৌগ। কিন্তু অ্যালকোহল হইতে জারণ প্রক্রিয়ায় সহজেই অ্যালডিহাইড পাওয়া যায় এবং অ্যালডিহাইড হইতে জারণ প্রক্রিয়ায় অ্যাসিড পাওয়া যায়। আবার অ্যালকোহলে একটি কার্যকরী গ্রুপ বা মূলক (functional group) আছে, যথা-OH; প্রত্যেক অ্যালডিহাইডে কার্যকরী মূলক হইল—CHO; প্রত্যেক অ্যাসিডে কার্যকরী মূলক হইল—COOH; প্রত্যেক অ্যালকোহলের রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকার।

3. উচ্চ উষ্ণতায় সমস্ত জৈব যৌগই ভাঙ্গিয়া যায়। উহারা প্রায়ই দাহ্য এবং কম উত্তাপেই গলিয়া যায়।

4. জৈব যৌগগুলি জৈব দ্রাবকে (যথা, অ্যালকোহল, বেনজিন, ইথার ইত্যাদি) দ্রাব্য।

5. অনেক জৈব যৌগের অণুর গঠন খুবই জটিল এবং উহাদের অণুতে বহু সংখ্যক পরমাণু থাকিতে দেখা যায়। যেমন, শ্বেতসারের আণবিক সংকেত হইল $C_{1200}H_{2000}O_{1000}$।

অজৈব যৌগ

3. উচ্চ উষ্ণতায় বেশীর ভাগ অজৈব যৌগই স্থায়ী এবং অদাহ্য। ইহাদের গলনাঙ্ক প্রায়ই উচ্চ হয়।

4. জৈব দ্রাবকে—অজৈব যৌগ প্রায়ই অদ্রাব্য, কিন্তু জলে দ্রাব্য।

5. অজৈব যৌগের অণুর গঠনে জটিলত্ব দেখা যায় না এবং উহাদের অণুতে খুব কম সংখ্যক পরমাণু থাকে, যেমন সলফিউরিক অ্যাসিড, H_2SO_4 অথবা ফসফোরিক অ্যাসিড, H_3PO_4।

জৈব যৌগ

6. একই সংকেত দ্বারা অনেক বিভিন্নধর্মী জৈব যৌগকে প্রকাশ করা যায় যেমন $C_8H_{12}O_4$ এই সংকেত দ্বারা 66টি বিভিন্নধর্মী যৌগের সংযুতি প্রকাশ করা যায়। আবার এক প্রকার ধর্মবিশিষ্ট অ্যালকোহল-শ্রেণীতে $C_{10}H_{22}O$ এই সংকেত 507টি বিভিন্ন অ্যালকোহলে প্রযোজ্য দেখা যায়।

7. পর্যায়সারণীতে কার্বনের অবস্থান হইতে এবং কার্বনের পরমাণুর গঠন হইতে দেখা যায় যে কার্বনের পরমাণু সহজেই অন্য কার্বন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া লম্বা শৃঙ্খল (long chain) অথবা বৃত্তাকার যৌগ (ring compound) গঠন করিতে পারে। এইভাবে 100 অথবা 1000 কার্বন পরমাণু পরস্পর যুক্ত-অবস্থায় একই যৌগে থাকিতে পারে।

8. জৈব যৌগ জলে দ্রাব্য হইলেও উহা জলের দ্রবণে আয়নিত হয় না, এবং সেইকারণে কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় তাহারা অতি ধীরে বিপরীতমুখী ক্রিয়ায় যোগদান করে। যেমন, অ্যালকোহল জলে দ্রাব্য, কিন্তু জলের দ্রবণে ইহা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অতিধীরে যোগদান করে, যদিও ইহাতে OH গ্রুপ আছে।

অজৈব যৌগ

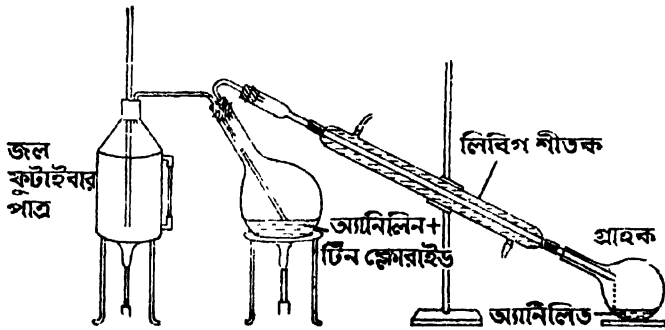
6. একটি সংকেত দ্বারা মাত্র একটি অজৈব যৌগের সংযুতি প্রকাশ করা যায়। যেমন, H_2SO_4 মাত্র একটি অজৈব যৌগকেই বুঝায়, অর্থাৎ সলফিউরিক অ্যাসিড।

7. কিন্তু অজৈব যৌগে এইভাবে একই মৌলের পরমাণু পরস্পর যুক্ত হইয়া লম্বা শৃঙ্খল গঠন করিতে দেখা যায় না।

8. অজৈব যৌগ জলের দ্রবণে আয়নিত হয় এবং সেই কারণে তাহারা রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় দ্রুততার সহিত যোগদান করে। যেমন, কষ্টিক-সোডা জলে দ্রাব্য এবং জলের দ্রবণে উহা অতিদ্রুত হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে, কারণ উহার জলের দ্রবণে—OH গ্রুপ আয়নিত হইয়া (OH)—আয়ন-রূপে থাকে।

জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা সম্পাদন :—জৈব যৌগ অধিকাংশ ক্ষেত্রেই একাধিক জৈব পদার্থের মিশ্রণরূপে পাওয়া যায়। ইহার প্রকৃত গঠন নির্ণয় করিতে হইলে ইহাকে বিশুদ্ধতম অবস্থায় প্রস্তুত করিয়া ইহার পরিপূর্ণ বিশ্লেষণ (Qualitative and quantitative analysis) প্রয়োজন হয়। কিন্তু জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা সম্পাদন সকলক্ষেত্রেই সোজা নয় এবং জৈব-দ্রব্যের প্রকৃতি ও অশুদ্ধিগুলির প্রকৃতির উপর নির্ভর করিয়া জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা সম্পাদন করিতে বিভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। দ্রবণ কেলাসন, আংশিক-পাতন, উর্ধ্বপাতন প্রভৃতি পদ্ধতি অবলম্বন করিয়া জৈব পদার্থকে বিশুদ্ধ করা হয়। এই পদ্ধতিগুলি নবম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" প্রথমভাগে আলোচিত হইয়াছে [পৃঃ 26—41]

নিম্নলিখিত উপায়গুলিও অবলম্বন করিয়া জৈব যৌগের বিশুদ্ধতা সম্পাদন করা সময় সময় হইয়া থাকে :—

(i) **ষ্টীম দ্বারা পাতন** (Steam-distillation) : যখন কোন জৈব যৌগ জলে অদ্রাব্য কিন্তু ষ্টিমের সহিত উদ্বায়ী হয়, কিন্তু মিশ্রিত দ্রব্যগুলি ষ্টিমের সহিত উদ্বায়ী হয় না, তখন এই পদ্ধতি অবলম্বিত হয়। এইরূপ পদার্থকে অল্প জল এবং

চিত্র নং—1

অশুদ্ধিমিশ্রিত অবস্থায় একটি গোল তলা বিশিষ্ট (Round-bottomed) ফ্লাস্কে লইয়া অন্য একটি পাত্রে জল ফুটাইয়া উৎপন্ন ষ্টিমকে নল দ্বারা ক্রমাগত ফ্লাস্কের মিশ্রিত পদার্থের ভিতর চালনা করা হয়। এই অবস্থায় ষ্টিমের সহিত জৈব পদার্থটি 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উদ্বায়িত (volatilises) হয়। লিবিগ-শীতকের ভিতর

দিয়া চালিত করিলে জলীয়বাষ্প ও জৈব পদার্থের বাষ্প উভয়েই ঘনীভূত হইয়া গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। পরে নিম্নে বর্ণিত পৃথকীকরণ ফানেলের দ্বারা পদার্থকে জল হইতে সম্ভবমত পৃথক করা হয়। সম্পূর্ণরূপে জল তাড়াইতে হইলে দ্রব্যটিকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত একত্রিত করিয়া কয়েক ঘণ্টা রাখিয়া পুনঃ পাতিত করা হয়।

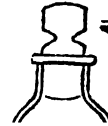
এইখানে সংযুক্ত ছবিতে অ্যানিলিন ও টিনের লবণের দ্রবণ হইতে অ্যানিলিনের ষ্টিম দ্বারা পাতনের সাহায্যে পৃথকীকরণ দেখান হইল।

(ii) **দ্রাবক দ্বারা নিষ্কাশন** (Solvent extraction) :—মিশ্র পদার্থের ভিতর কোন একটি উপাদান বিশিষ্ট দ্রাবকে দ্রাব্য হয়। সুতরাং মিশ্র পদার্থ হইতে সেই বিশিষ্ট দ্রাবকের সাহায্যে সেই পদার্থটি পৃথক করা যায়। অ্যালকোহল, ক্লোরোফর্ম, ইথার ইত্যাদি দ্রাবক এইভাবে ব্যবহার করা যায়। জলের সহিত মিশ্রিত অ্যানিলিন একটি পৃথকীকরণ ফানেলে লইয়া উহাতে ইথার যোগ করিয়া ছিপি বন্ধ করিয়া ছিপিটিকে চাপিয়া ধরিয়া ঝাঁকাইয়া ছাড়িয়া দিলে দুইটি স্তরে তরলটি ভাগ হইয়া যায়। নীচের স্তরে অতিসামান্য মাত্র অ্যানিলিন সহ জল থাকে এবং উপরের স্তরে বেশীরভাগ অ্যানিলিন ইথারে দ্রাবিত অবস্থায় জমা হয়। তলার ছিপি খুলিয়া ধীরে ধীরে জলের স্তরকে বাহির করিয়া লওয়া যায়। পরে ছিপি খুলিয়া ইথার সহ অ্যানিলিন একটি খর্পরে লওয়া হয়। বায়ুতে রাখিয়া দিলে ইথার উড়িয়া যাইবে এবং কেবল অ্যানিলিন পড়িয়া থাকিবে। ইহাতে সামান্য জল থাকে। ইহাতে কঠিন কষ্টিক পটাসের গুড়া যোগ করিয়া রাখিয়া শুষ্ক করা হয় এবং পরে পাতন ক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ অ্যানিলিন পাওয়া যায়। যখন ক্লোরোফর্ম দ্রাবক হিসাবে কোন জৈব যৌগকে নিষ্কাষণ করার জন্য ব্যবহৃত হয় তখন ক্লোরোফর্মের স্তর পৃথকীকরণ ফানেলের নীচে জমা হয় এবং জলের স্তর উপরে জমে। ছিপি খুলিয়া ক্লোরোফর্মের স্তর বাহির করিয়া লওয়া হয়।

জলের স্তর

ক্লোরোফর্ম্ম স্তর

স্টপকক

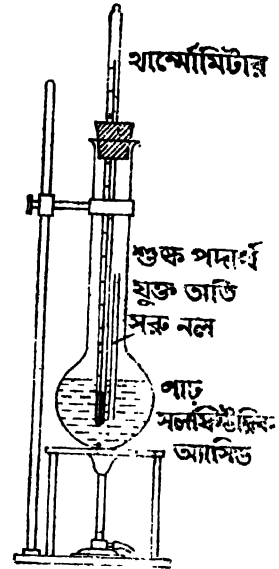
চিত্র নং—2

(iii) **রাসায়নিক পদ্ধতির প্রয়োগ দ্বারা** (By chemical methods) : —সময় সময় জৈব যৌগকে অন্য একটি পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করাইয়া উহার

যুক্তযৌগ উৎপন্ন করা হয়; পরে সেই যুক্তযৌগকে বিয়োজিত করিয়া জৈব যৌগকে বিশুদ্ধ ভাবে পাওয়া যায়। উদাহরণস্বরূপ অ্যালডিহাইডকে সোডিয়াম বাইসলফাইটের সহিত বিক্রিয়া করাইয়া উহার বাইসলফাইট যৌগ কঠিনাকারে পাওয়া যায়। উহাকে পরিস্রাবণ দ্বারা তরল হইতে পৃথক করিয়া সোডিয়াম কার্বনেটের সংপৃক্ত দ্রবণ যোগ করিয়া পাতনক্রিয়া সম্পাদন করিলে অ্যালডিহাইড সামান্য জল মিশ্রিত অবস্থায় উৎপন্ন হয়। এই জল সংযুক্ত অ্যালডিহাইডকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (fused calcium chloride) সঙ্গে রাখিয়া পাতন করিলে বিশুদ্ধ অ্যালডিহাইড পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধতা সম্পাদনের শেষের দিকে পাতন ক্রিয়া অথবা কেলাসন সম্পাদন করিবার পূর্বে দ্রব্যটির জলের দ্রবণে সামান্য জৈব কার্বন (animal charcoal) যোগ করিয়া মিশ্রণটিকে 5 হইতে 10 মিনিট ফুটাইয়া গরম অবস্থায় পরিস্রাবিত করা হয়। ইহাতে আপত্তিকর রং এবং গন্ধ অপসারিত হয়। যেমন রুবিয়েনিক অ্যাসিড (Rubeanic acid) উৎপাদন করিবার পর কেলাসিত করিলে কালো কেলাস পাওয়া যায়। উক্ত কেলাসগুলিকে জলে দ্রাবিত করিয়া জৈব কয়লার সহিত ফুটাইয়া দ্রবণকে গরম অবস্থায় ছাঁকিয়া লইয়া ঠাণ্ডা করিলে চমৎকার লাল রং এর বিশুদ্ধ রুবিয়েনিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

জৈব পদার্থের বিশুদ্ধতা নির্ণয়ঃ—কঠিন পদার্থের গলনাঙ্ক এবং তরল পদার্থের স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় দ্বারা পদার্থের বিশুদ্ধতা বুঝা যায়। কঠিন পদার্থকে উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রাবিত করিয়া বারবার কেলাসিত করিলে যদি উহার গলনাঙ্ক একই হয় তবে উহা বিশুদ্ধ বলিয়া বুঝা যায়। আবার গলনাঙ্কে পৌছিলে সমস্ত কঠিন একসঙ্গে তরলে পরিণত হওয়া উহার বিশুদ্ধতার আর একটি প্রমাণ, কারণ অশুদ্ধি মিশিয়া থাকিলে উহার গলনাঙ্ক স্থিরাঙ্ক হয় না। জৈব পদার্থের গলনাঙ্ক নির্ণয় করিতে হইলে উহাকে খুব সূক্ষ্মভাবে গুঁড়া করিয়া শোষকাধারে রাখিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। পরে উহার সামান্য পরিমাণ একটি 2 ইঞ্চি লম্বা কুশিক নলে (Capillary tube) ভর্তি করিয়া লইয়া নলটির একমুখ গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। পরে কুশিক নলটি একটি থার্মোমিটারের গায়ে এরূপভাবে লাগাইয়া দেওয়া হয় যেন উহার ভিতরের কঠিন পদার্থ থার্মোমিটারের কুণ্ডের নিকট থাকে। থার্মোমিটার কোন তরল দ্বারা সামান্য ভিজাইয়া লইলেই এইভাবে কুশিক-নলটি আটকানো যাইবে। থার্মোমিটারটিকে এই অবস্থায় একটি

জেনা (Jena) কাচের তৈয়ারী ফ্লাস্কে ঘন সলফিউরিক অ্যাসিড রাখিয়া ফ্লাস্কের মুখে ছিপি লাগাইয়া ছিপির ভিতর দিয়া চালাইয়া থার্মোমিটারের কুণ্ডটিকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে ডুবাইয়া রাখা হয়। এই অবস্থায় থার্মোমিটারের কুণ্ড এবং কৈশিক নলের অর্ধেক অ্যাসিডে ডুবিয়া থাকে। ফ্লাস্কটিকে একটি ছোট শিখা দ্বারা ধীরে ধীরে এবং সাবধানতা সহকারে উত্তপ্ত করা হয়। যদি জৈব পদার্থটি বিশুদ্ধ হয় তবে উহা একটি স্থির উষ্ণতায় হঠাৎ গলিয়া যাইবে। গলনাঙ্কের কাছাকাছি হয় শিখাটি সরাইয়া লওয়া হয় অথবা খুব কমাইয়া দেওয়া হয়; ইহাতে উষ্ণতা অতি ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পায়। এই গলনাঙ্ক লিখিয়া লইয়া দীপশিখা সরাইয়া সলফিউরিক অ্যাসিডকে ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। তাহাতে দ্রব্যটি আবার কঠিন হইয়া যায়; পুনরায় শিখাটি ফ্লাস্কের নীচে রাখিয়া গলনাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। এই দুই নির্ণীত গলনাঙ্কের ভিতর 1° সেন্টিগ্রেডের বেশী পার্থক্য হওয়া উচিৎ নয়।

চিত্র নং—3

সেইরূপ তরলকে বার বার পাতিত করিয়া উহার একই স্ফুটনাঙ্ক হইলে বুঝা যাইবে যে পদার্থটি বিশুদ্ধ হইয়াছে। পাতন ক্রিয়া পদ্ধতিতে পাতন ফ্লাস্কে তরলটি লইয়া উহার স্ফুটনাঙ্ক নির্ণয় করা হয়। নবম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" প্রথমভাগে (চতুর্থ সংস্করণ), পৃঃ 33 ইহা বিশদভাবে আলোচিত হইয়াছে।

জৈব পদার্থে বিভিন্ন মৌলের অস্তিত্ব নির্ণয়:—(ক) কার্বন ও হাইড্রোজেন: অতি শুষ্ক এবং বিশুদ্ধ কপার অক্সাইডের সহিত পদার্থটিকে সমপরিমাণে ভালভাবে মিশাইয়া একটি শক্ত কাচের পরীক্ষানলে লওয়া হয়। এই পরীক্ষানলের মুখে একটি কর্ক লাগাইয়া কর্কের ভিতর দিয়া একটি সমকোণে বাঁকানো কাচনল লাগানো হয়। পরে শক্ত কাচনলটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং উদ্ভূত গ্যাসকে চুনের জলের (Lime water) ভিতর চালনা করা হয়। ইহাতে চুনের জল ঘোলা হইয়া যায় এবং তাহাতে উৎপন্ন গ্যাসে কার্বন ডাইঅক্সাইড আছে বলিয়া

প্রমাণিত হয়। আর কাচনলের ভিতর বিন্দু বিন্দু জলকণা জমিতে দেখা যায়। এই উৎপন্ন কার্বন ডাইঅক্সাইড জৈব যৌগে কার্বনের উপস্থিতি প্রমাণিত করে এবং জলবিন্দু উক্ত যৌগে হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব জানাইয়া দেয়।

(i) **নাইট্রোজেন, হ্যালোজেন ও সলফার:** একটি শক্ত কাচের পরীক্ষা নলে ধাতব সোডিয়াম লইয়া উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া গলানো হয়। উক্ত গলিত সোডিয়ামে একটু একটু করিয়া জৈব যৌগ যোগ করা হয়। পরে পরীক্ষানলটিকে উত্তাপ প্রয়োগে লোহিত-তপ্ত করিয়া একটি খলে পাতিত জল রাখিয়া উহাতে লোহিত-তপ্ত অবস্থায় নলটিকে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। কাচ ভাঙ্গিয়া যায় এবং নুড়ি দিয়া বেশ করিয়া সমস্ত দ্রব্যকে গুঁড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে উৎপন্ন দ্রব্যের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই দ্রবণকে তিনভাগে ভাগ করা হয়। (i) একভাগে ফেরাস সলফেট যোগ করিয়া ফোটান হয় এবং পরে এক ফোঁটা ফেরিক ক্লোরাইড এবং যথেষ্ট HCl যোগ করা হয়। তাহাতে যদি দ্রবণের রং নীল হয় অথবা গাঢ় নীলবর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় তবে ব্যবহৃত জৈব যৌগে নাইট্রোজেনের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

(ii) দ্রবণের দ্বিতীয় ভাগে নাইটিক-অ্যাসিড যথেষ্ট পরিমাণে যোগ করিয়া ফুটাইয়া ঠাণ্ডা করিয়া উহাতে সিলভার-নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করা হয়। তাহাতে যদি সাদা বা হলুদ রংএর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়—তবে জৈব পদার্থে হ্যালোজেনের অস্তিত্ব বুঝা যায়।

(iii) দ্রবণের তৃতীয় ভাগে এক ফোঁটা সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইডের সদ্য প্রস্তুত দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ যদি গাঢ় বেগুনী হইয়া যায় তবে জৈব পদার্থে সলফারের অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়।

জৈব যৌগে নাইট্রোজেন থাকিলে দ্রবণে সোডিয়াম সায়ানাইড় উৎপন্ন হয় এবং কষ্টিক-সোডার উপস্থিতিতে ফেরাস সলফেটসহ ফুটাইলে উহা সোডিয়াম ফেরো-সায়ানাইড উৎপন্ন করে। ইহাই ফেরিক-ক্লোরাইডের সহিত অ্যাসিড-দ্রবণে প্রুসিয়ান ব্লু (Prussian blue) উৎপন্ন করায় গাঢ় নীল রং-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়। জৈব যৌগে হ্যালোজেন থাকিলে উহা সোডিয়াম-হ্যালাইডরূপে দ্রবণে আসে, আর উক্ত যৌগে সলফার থাকিলে উহা সোডিয়াম সলফাইডরূপে দ্রবণে আসে।

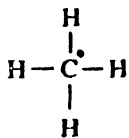
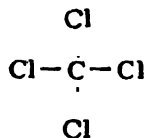
কার্বন-যৌগের বৈশিষ্ট্য: কার্বন পর্যায়-সারণীতে (পরিশিষ্টে দেখ) চতুর্থ গ্রুপে অবস্থিত। তাই ইহার যোজ্যতা বা বন্ধনী (Valency or bond) চার।

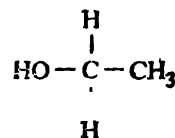
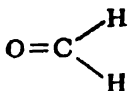
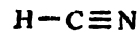
কার্বনের পরমাণুতে সর্ববহিঃস্থ কক্ষে চারিটি ইলেক্‌ট্রন আছে এবং এই চারিটি ইলেক্‌ট্রনের কার্বনের যোজ্যতা চার করিয়াছে। অন্য মৌলের যোজ্যতায় যোগদান-কারী ইলেকট্রনের সহিত কার্বনের এই চারিটি ইলেক্‌ট্রন সমভাবে কার্বন ও অন্য মৌলের ভিতর সাধারণ হইয়া দেখা দেয়, তাই ইহার সমস্ত যৌগই সমযোজ্যতা (covalency) দ্বারা উৎপন্ন। আমরা এখানে কার্বনের ও উহার সহিত সংযুক্ত মৌলের ভিতর বন্ধনী দ্বারা সংযোগ দেখাইব। তবে মনে রাখিতে হইবে যে দুইটি করিয়া ইলেক্‌ট্রন কার্বন ও মৌলের ভিতর সাধারণ হওয়ায় একটি করিয়া বন্ধনী উৎপন্ন হইয়াছে।

(i) যেহেতু কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা চার, একটি কার্বনের পরমাণু হাইড্রোজেন বা অন্য কোন এক যোজী মৌলের চারটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। সংযুতি-সংকেত (Structural formula) লিখিবার সময় এক একটি যোজ্যতা এক একটি যোজকের সাহায্যে বুঝানো হয়। তাই কার্বনের পরমাণুর সংকেত

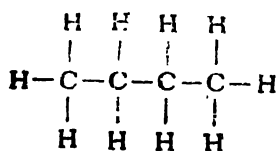
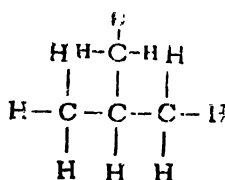
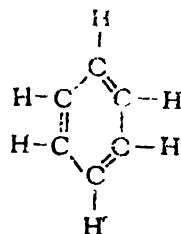
$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$$

এইভাবে চারিটি যোজক লাগাইয়া দেখান হয়। এক একটি যোজ্যতা অন্য একটি একযোজী মৌলের একটি পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া সংপৃক্ত হইতে পারে অথবা একটি একযোজী যৌগমূলক (radical, যথা—CH_3,—NH_2,—OH ইত্যাদি) দ্বারাও সংপৃক্ত হইতে পারে। তেমনি দ্বিযোজী মৌলের দুইটি পরমাণু দ্বারা অথবা ত্রিযোজী মৌলের একটি ও একযোজী মৌলের একটি পরমাণু মিলিয়া কার্বনের চারটি যোজককে সংপৃক্ত করিতে পারে। নিম্নে উদাহরণ দ্বারা ইহা বুঝাইয়া দেওয়া হইল।

$$H-\overset{\overset{H}{|}}{\underset{\underset{H}{|}}{C}}-H \qquad Cl-\overset{Cl}{\underset{Cl}{C}}-Cl \qquad O=C=O \qquad HO-\overset{H}{\underset{H}{C}}-CH_3$$

মিথেন — কার্বন টেট্রাক্লোরাইড — কার্বন ডাইঅক্সাইড — ইথাইল অ্যালকোহল

$$O=C\begin{matrix}\diagup H\\ \diagdown H\end{matrix} \qquad\qquad H-C\equiv N$$

ফরম্যালডিহাইড — হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড

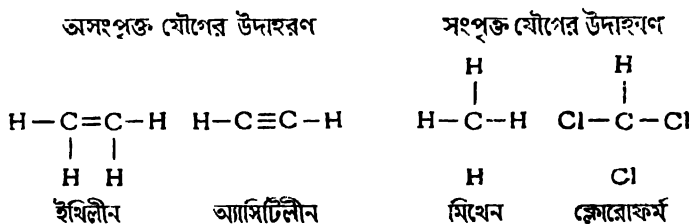
(ii) কার্বনের একটি বিশেষ ধর্ম এই দেখা যায় যে যৌগ গঠনের সময় একাধিক কার্বন পরমাণু নিজেদের যোজ্যতার সাহায্যে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইতে পারে। আর এইভাবে বহু সংখ্যক কার্বন পরমাণু সংযুক্ত হইয়া কার্বন পরমাণুর শৃঙ্খল (Chains) সৃষ্টি করে। কার্বনের এই ধর্মকে উহার Catenating property বলে। এইভাবে বহুসংখ্যক কার্বন পরমাণু সংযুক্ত হইয়া অণু গঠন করিলেও সে অণু বেশ স্থায়ী হইতে দেখা যায়। অন্যান্য মৌলের ক্ষেত্রে এইরূপ দেখা যায় না, যেমন জলের অণুর সংযুতিসংকেত হইল H—O—H এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের সংযুতি সংকেত হইল H—O—O—H ; তাই হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডে অক্সিজেন পরমাণুর শৃঙ্খল থাকায় উহা অস্থায়ী। কার্বনের পরমাণুর পরস্পর সংযুতির মতবাদ (theory of linking of carbon atoms) জার্মান বৈজ্ঞানিক কেকিউলে (Kekule) 1858 খৃষ্টাব্দে প্রবর্তিত করেন। এই শৃঙ্খল সোজা (open) বা শাখা-বিশিষ্ট (branched) হইতে পারে। সময় সময় কার্বন পরমাণুগুলি বৃত্তাকারেও (cyclic or ring or closed chain) সংযুক্ত হইতে পারে। এই তিন প্রকারে যুক্ত কার্বন পরমাণুর অস্তিত্ব আমরা দেখিতে পাই নিম্নলিখিত যৌগগুলিতে এবং সংযুতি-সংকেত দ্বারা তাহারা নিম্নে প্রকাশিত হইল।

```
    H   H   H   H              H                    H
    |   |   |   |              |                    |
H — C — C — C — C — H      H H—C—H H                C
    |   |   |   |          |   |   |             //   \
    H   H   H   H      H — C — C — C — H     H — C     C — H
                           |   |   |             ||    |
                           H   H   H         H — C     C — H
                                                  \   //
                                                    C
                                                    |
                                                    H
```

(নর্ম্যাল) বিউটেন সোজা শৃঙ্খল (Open Chain) যৌগ

আইসো বিউটেন শাখাবিশিষ্ট শৃঙ্খল (Branched Chain) যৌগ

বেনজিন বৃত্তাকার (Closed Chain) যৌগ

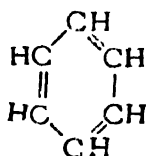
এইভাবের কার্বনের শৃঙ্খল বিশিষ্ট যৌগে 68 হইতে 70টি কার্বন পরমাণু পরস্পর সংযুক্ত হইয়া থাকিতে পারে। এই গুণ এত অধিক পরিমাণে অন্য কোন মৌলের পরমাণুতে দেখিতে পাওয়া যায় না।

কার্বন পরমাণুগুলি এইভাবে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইবার সময় উহাদের একাধিক যোজ্যতাও উহাদের পরস্পরকে সংযুক্ত করিতে লাগে। অতএব এই সকল কার্বনের যৌগের অণুতে দুইটি কার্বন পরমাণুর মিলন **দ্বিবন্ধ** (double bond) বা **ত্রিবন্ধ** (triple bond) দ্বারা সংঘটিত হইয়া থাকে। এইরূপে উৎপন্ন কার্বনের যৌগ দুঃস্থিত (unstable) হয় এবং তাহাদের কার্বনের যোজ্যতাকে অসংপৃক্ত (unsaturated) বলা হয়; তাই এই প্রকারের কার্বনের যৌগগুলিকে **অসংপৃক্ত যৌগ** (unsaturated compound) বলে। ইহারা খুবই সক্রিয় হয়। মিথেনে কার্বনের প্রত্যেকটি যোজ্যতা একটি করিয়া হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত সংযোগ ঘটাইয়া সংপৃক্ত অবস্থায় আসে। এইরূপে কার্বনের প্রত্যেকটি যোজ্যতা একটি করিয়া একযোজী যৌগের পরমাণু দ্বারা সংপৃক্ত হওয়ার ফলে উৎপন্ন যৌগকে **সংপৃক্ত যৌগ** (saturated compound) বলে। ইহারা সুস্থিত (stable) হয়, কিন্তু ইহাদের ক্রিয়াশীলতা খুব কম হয়।

অসংপৃক্ত যৌগের উদাহরণ / সংপৃক্ত যৌগের উদাহরণ

```
                                        H            H
                                        |            |
H—C=C—H     H—C≡C—H            H—C—H     Cl—C—Cl
  |   |                                 |            |
  H   H                                 H            Cl
ইথিলীন        অ্যাসিটিলীন           মিথেন        ক্লোরোফর্ম
```

কার্বনের যৌগসমূহের শ্রেণীবিভাগ :—জৈব-যৌগ দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়, যথা, (i) **শৃঙ্খলযুক্ত কার্বন যৌগ** (open chain carbon compounds) যথা মিথেন, ইথেন (C_2H_6), প্রপেন (C_3H_8), মিথাইল অ্যালকোহল (CH_3OH), গ্লিসারিণ (CH_2OH, $CHOH$, CH_2OH) ইত্যাদি। তৈল, মাখন প্রভৃতি স্নেহ জাতীয় পদার্থ সমস্তই ইহার অন্তর্ভুক্ত, সেইজন্য এই যৌগগুলিকে **অ্যালিফ্যাটিক যৌগ** (Aliphatic Compounds) অথবা **স্নেহজ যৌগ** বলা হয়। জৈব রসায়নের যে অংশে এই সকল যৌগের বিষয় আলোচিত হয় তাহাকে **অ্যালিফ্যাটিক রসায়ন** (Aliphatic chemistry) বলা হয়। (ii) **বৃত্তাকার কার্বন যৌগ** (closed chain, or ring or cyclic carbon compounds), যথা, বেনজিন, টলুইন, সাইক্লোহেক্সেন প্রভৃতি। এইরূপ যৌগের অণুতে কয়েকটি কার্বন পরমাণু চক্রের আকারে

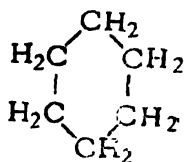
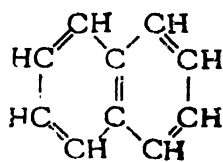
পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হয়। এই প্রকারের যৌগগুলিকে আবার দুই ভাগে ভাগ করা হইয়া থাকে : (ক) **অ্যারোমেটিক যৌগ** (Aromatic Compounds)—এই জাতীয় যৌগগুলি প্রায়ই গন্ধবিশিষ্ট (aroma or smell) হয়, সেইকারণে ইহাদিগকে **গন্ধবহ জৈব যৌগ** (Aromatic Organic Compounds) বলে। ইহাদের ভিতর এক বা একাধিক কার্বনের ছয়টি পরমাণু বিশিষ্ট চক্র বর্তমান দেখা যায়। সাধারণভাবে ইহাদিগকে বেনজিন (benzene) নামক যৌগ হইতে উদ্ভূত বলা যায়। বেনজিনের অণুতে কার্বনের ছয়টি পরমাণু নিম্নে দেখান মত চক্রাকারে সাজানো আছে।

CH
HC CH
HC CH
CH

বেনজিন

এই চক্রের ভিতর দেখা যাইতেছে যে তিনটি দ্বিবন্ধ (double bond) এবং তিনটি এক-বন্ধ (single bond) পরপর সাজানো আছে। তাহা হইতে বুঝা যাইতেছে যে বেনজিন অসংপৃক্ত-যৌগ, কিন্তু তাহা হইলেও বেনজিনের ধর্ম স্নেহজ অসংপৃক্ত যৌগ হইতে অনেক স্থলে বিভিন্ন। পরে এ সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা করা হইয়াছে। (বেনজিনের রাসায়নিক আলোচনা পঞ্চম অধ্যায়ে করা

CH_2
H_2C CH_2
H_2C CH_2
CH_2

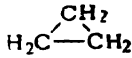
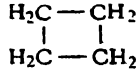
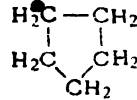
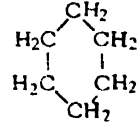
সাইক্লোহেক্সেন

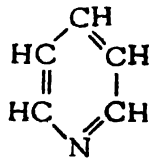
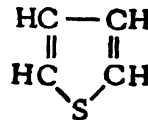
CH CH
HC C CH
HC C CH
CH CH

ন্যাপথালিন

হইয়াছে।) বেনজিনের রাসায়নিক উপায়ে হাইড্রোজেনের সহিত সংযোগ (Hydrogenation) ঘটাইয়া উহাকে সাইক্লোহেক্সেনে পরিণত করা যায় এবং দ্বিবন্ধগুলি উঠিয়া গিয়া প্রত্যেক কার্বন পরমাণুই এক-বন্ধ দ্বারা উক্ত যৌগে সংযুক্ত থাকে।

ন্যাপথালিনও এই অ্যারোমেটিক যৌগের অন্তর্গত।

(খ) অ্যালিসাইক্লিক যৌগ (Alicyclic Compounds)—এইরূপ যৌগের অণুতে তিনটি, চারিটি অথবা তাহা অপেক্ষা সংখ্যায় বেশী কার্বন পরমাণু চক্রাকারে সংযুক্ত থাকে। এই প্রকারের যৌগগুলিতে কার্বন পরমাণুগুলি এক যোজী। উদাহরণস্বরূপ নিম্নের যৌগগুলি উল্লেখ করা যায়।

```
   CH2                                                      CH2
  /   \          H2C — CH2       H2C — CH2               /     \
H2C — CH2         |     |         |     |              H2C      CH2
                 H2C — CH2       H2C   CH2              |        |
                                    \ /                H2C      CH2
                                    CH2                   \    /
                                                            CH2
```

সাইক্লোপ্রোপেন　　সাইক্লোবিউটেন　　সাইক্লোপেন্টেন　　সাইক্লোহেক্সেন

ইহা ছাড়াও আর এক প্রকারের বৃত্তাকার যৌগও দেখা যায়, যাহাদের অণুতে চক্রের ভিতর কার্বন ছাড়াও অন্য মৌল বর্তমান। তাহাদের সাধারণ নাম হেটেরোসাইক্লিক (Heterocyclic) যৌগ দেওয়া হইয়াছে। উদাহরণ স্বরূপ পিরিডিন (Pyridine) এবং থায়োফিনের (thiophene) নাম করা যায়। থায়োফিন বাজারের বেনজিনে অশুদ্ধিরূপে বর্তমান দেখা যায় এবং পিরিডিন জীবজন্তুর হাড়ের অন্তর্ধূমপাতনের সময় তরল হিসাবে পাতিত হয়।

```
     CH
   /    \\
 HC      CH          HC — CH
 ||      |           ||    ||
 HC      CH          HC    CH
   \    //             \  /
     N                  S
```

পিরিডিন　　থায়োফিন

কার্যকরী মূলক (Functional group) : জৈব যৌগগুলি এক এক শ্রেণীতে বিভক্ত করা হইয়াছে, যথা, অ্যালকোহল, অ্যালডিহাইড, কিটোন, অ্যাসিড ইত্যাদি। প্রত্যেক শ্রেণীতে একটি বিশেষ রাসায়নিক ধর্ম বিশিষ্ট মূলক (Group) থাকে। অ্যালকোহলে—OH মূলক, অ্যালডিহাইডে—CHO মূলক, কিটোনে =C=O মূলক, অ্যাসিডে—COOH মূলক বিদ্যমান দেখা যায়। জৈব যৌগের ধর্ম তাহাতে বর্তমান মূলকেরই ধর্ম। সমগোত্রীয় অর্থাৎ একই শ্রেণীর সমস্ত যৌগে

একই মূলক থাকে বলিয়া তাহাদের রাসায়নিক ধর্ম একই হয়, কেবল সেই শ্রেণীর বিভিন্ন যৌগের বিভিন্ন ভৌত ধর্ম দেখা যায়। অ্যালকোহলের রাসায়নিক ধর্ম তাহাতে অবস্থিত—OH মূলকের রাসায়নিক ধর্ম। সেই কারণে এই প্রকার কার্যকরী মূলকের উপস্থিতির উপর নির্ভর করিয়া জৈব যৌগগুলিকে বিভিন্ন শ্রেণীতে বিভক্ত করা হয়।

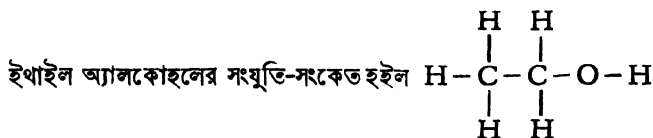
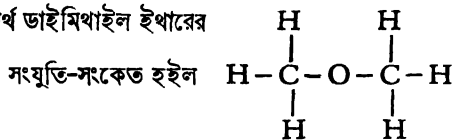
দ্রষ্টব্য:—জৈব রসায়নে মিথাইল ($-CH_3$), ইথাইল ($-C_2H_5$), প্রোপাইল ($-C_3H_7$), ফিনাইল ($-C_6H_5$), ইত্যাদিকে মূলক বলা হইয়া থাকে। এই মূলকগুলির সহিত কার্যকরী মূলকের সংযোগে জৈব যৌগগুলি গঠিত হয়। যেমন মিথাইল অ্যালকোহল, CH_3OH, মিথাইল মূলকের সহিত কার্যকরীমূলক $-OH$-এর সংযোগে গঠিত। সময় সময় মিথাইল, ইথাইল, প্রোপাইল ইত্যাদিকে মূলক বলিয়া কার্যকরী মূলককে **পুঞ্জ** (group) বলিয়া উল্লেখ করা হয়। সাধারণতঃ জৈব যৌগে অজৈবমূলক বুঝাইতেই পুঞ্জ-কথাটি ব্যবহৃত হয়। যথা, ক্লোরো, ($-Cl$), হাইড্রক্সিল, ($-OH$), নাইট্রো ($-NO_2$), অ্যামাইনো ($-NH_2$) ইত্যাদিকে পুঞ্জ-নামে অভিহিত করা হয়।

সমগোত্রীয়-শ্রেণী (Homologous Series): জৈব-যৌগের সংখ্যা খুবই বেশী কিন্তু তাহাদের মধ্যে অনেকগুলি যৌগকে এমন এক-একটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়,—যাহাদের গঠন (structure or constitution) ও রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকার হয়। প্রত্যেক শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত যে-কোন একটি যৌগের আণবিক সংকেত একটি সাধারণ সংকেত হইতেই নির্ণয় করা সম্ভব হয়। একই শ্রেণীতে পূর্ববর্তী যৌগের সঙ্গে পরবর্তী যৌগের আণবিক সংকেতে পার্থক্য হয় CH_2 দ্বারা। এইরূপ CH_2 গ্রুপ আণবিক সংকেতে পার্থক্যবিশিষ্ট সমধর্মী যৌগগুলিকে **সমগোত্রীয়-শ্রেণী** বা **সজাতীয় গোষ্ঠী**-(Homologous Series) ভুক্ত বলা 'হয় এবং এইরূপ শ্রেণীভুক্ত যৌগগুলিকে বলা হয় সমগোত্র (Homologue)।

এইরূপ এক একটি শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত প্রতিটি যৌগে একই কার্যকরী মূলক বা পুঞ্জ (functional group) উপস্থিত দেখা যায়। এই কার্যকরী পুঞ্জের উপরেই উক্ত শ্রেণীর সাধারণ রাসায়নিক ধর্মগুলি একান্তভাবে নির্ভর করে। পরপৃষ্ঠায় উদাহরণ দ্বারা বিষয়টি বুঝাইয়া দেওরা হইল:

শ্রেণী	সাধারণ সংকেত	যৌগ-সমূহ
1. সংপৃক্ত-হাইড্রো কার্বন বা অ্যালকেন (প্যারাফিন) (Alkane or Paraffin)	C_nH_{2n+2}	CH_4 (মিথেন), C_2H_6 (ইথেন, CH_4+CH_2) C_3H_8 (প্রোপেন, $C_2H_6+CH_2$), ইত্যাদি
2. অসংপৃক্ত-হাইড্রোকার্বন (ক) অ্যালকিন বা অলিফাইন (Alkene or olefine)	C_nH_{2n}	C_2H_4 (ইথিলিন), C_3H_6 (প্রোপিলিন, $C_2H_4+CH_2$) ইত্যাদি
(খ) অ্যালকাইন বা অ্যাসিটিলিন (Alkine or Acetylene)	C_nH_{2n-2}	C_2H_2 (অ্যাসিটিলিন)
3. অ্যালকোহল (Alcohol)	$C_nH_{2n+1}OH$	CH_3OH (মিথাইল অ্যালকোহল) C_2H_5OH (ইথাইল অ্যালকোহল, CH_3OH+CH_2), C_3H_7OH (প্রোপাইল অ্যালকোহল, $C_2H_5OH+CH_2$) ইত্যাদি
4. অ্যাসিড (Acid ইত্যাদি।	$C_nH_{2n+1}COOH$	H.COOH (ফরমিক-অ্যাসিড) CH_3COOH (অ্যাসিটিক-অ্যাসিড, $H.COOH+CH_2$), C_2H_5COOH (প্রোপিয়নিক অ্যাসিড, $CH_3COOH+CH_2$) ইত্যাদি।

সমযোগী পদার্থ (Isomers): একই আণবিক সংকেত (molecular Formula) বিভিন্ন জৈব যৌগের প্রকাশক। যেমন, C_2H_6O এই আণবিক সংকেত ইথাইল অ্যালকোহল এবং ডাইমিথাইল ইথার এই দুইটি বিভিন্ন শ্রেণীর বিভিন্ন ধর্মবিশিষ্ট যৌগ প্রকাশ করে। এইরূপ একই সংকেতদ্বারা প্রকাশিত একাধিক বিভিন্ন ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মবিশিষ্ট বিভিন্ন যৌগকে সমযোগী পদার্থ (Isomer) বলে। ইহাদের অণুর গঠন (structure) অর্থাৎ অণুতে পরমাণুর ব্যবস্থাপন (arrangement) বিভিন্ন হয়। তাই তাহাদের সংযুতি-সংকেত (structural formula) বিভিন্ন হয় এবং সেইকারণেই সমযোগী পদার্থের ধর্মও বিভিন্ন হয়। যথা,

ইথাইল অ্যালকোহলের সংযুতি-সংকেত হইল
$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & H & & & & \\ & & | & & | & & & & \\ H & - & C & - & C & - & O & - & H \\ & & | & & | & & & & \\ & & H & & H & & & & \end{array}$$

আর উহার সমযোগী পদার্থ ডাইমিথাইল ইথারের সংযুতি-সংকেত হইল
$$\begin{array}{ccccccccc} & & H & & & & H & & \\ & & | & & & & | & & \\ H & - & C & - & O & - & C & - & H \\ & & | & & & & | & & \\ & & H & & & & H & & \end{array}$$

ইহা হইতে দেখা যায় যে, ইথাইল অ্যালকোহলে অ্যালকোহল প্রকাশক ($-OH$) পুঞ্জ আছে, কিন্তু ইথারে তাহা নাই।

দ্রষ্টব্য: একই শ্রেণীভুক্ত সমযোগী পদার্থকে মেটামেরিক (metameric) যৌগ বলে এবং এই প্রকার সংযুতিকে মেটামেরিজম্ (metamerism) বলে।

যথা, ডাই ইথাইল ইথার $C_2H_5-O-C_2H_5$

এবং মিথাইল প্রোপাইল ইথার $CH_3-O-C_3H_7$ মেটামেরিক।

জৈব-যৌগ বিষয়ে এই আলোচনা হইতে সহজেই বুঝা যায় যে, জৈব-যৌগের আলোচনা করিতে তাহাদের শ্রেণীগত আলোচনা করা প্রয়োজন। তাই শ্রেণী উল্লেখ করিয়া জৈব-যৌগগুলির আলোচনাই হইবে পরবর্তী অধ্যায়গুলির বিষয়বস্তু।

Questions

1. Define Organic Chemistry. What are the main distinctions between Organic and Inorganic compounds ?

১। জৈব রসায়নের সংজ্ঞা দাও। জৈব এবং অজৈব রসায়নের ভিতর প্রধান প্রধান পার্থক্যগুলি উল্লেখ কর।

2. What is the "vital force" theory of the formation of organic compounds ? Why was it discarded ?

২। যে প্রাণশক্তিবাদের সাহায্যে জৈব যৌগের উৎপাদন ব্যাখ্যা করা হয় তাহা কি ? ইহা কেন পরিত্যক্ত হইয়াছিল ?

3. Give an account of the theory of carbon to carbon linkage in organic compounds. Illustrate with examples.

৩। জৈব যৌগে কার্বন পরমাণুর সহিত অন্য একটি কার্বন পরমাণুর যোজন সম্বন্ধে মতবাদ যাহা জানা আছে, তাহা লিখ। উদাহরণ দ্বারা বিষয়টি বুঝাইয়া দাও।

4. What are functional groups ? What are the functional groups in alcohols, aldehydes, ketones and acids.

৪। কার্যকরী মূলক কাহাকে বলে ? অ্যালকোহলে, অ্যালডিহাইডে, কিটোনে এবং অ্যাসিডে কোন্ কোন্ কার্যকরী মূলক দেখা যায় ?

5. Write notes on the following :—

(*a*) Homologous series, (*b*) Radicals, (*c*) Functional groups.

৫। নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর টীকা লিখ :—

(ক) সমগোত্রীয় শ্রেণী ; (খ) মূলক ; (গ) কার্যকরী মূলক।

6. Classify the different organic compounds into different classes. Illustrate and answer by proper examples.

৬। জৈব যৌগগুলির বিভিন্ন শ্রেণীবিভাগ সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। উদাহরণ দ্বারা বিষয়টি বুঝাইয়া দাও।

দ্বিতীয় অধ্যায়

ইন্ধন বা জ্বালানি (Fuels)

যে সমস্ত দাহ্যবস্তু দহন করিয়া তাপশক্তি উৎপাদন করা হয় তাহাদের জ্বালানি বলে। সাধারণতঃ জ্বালানির উপাদানের মধ্যে কার্বন বা হাইড্রোজেন বা উভয়েই মৌল হিসাবে বা হাইড্রোকার্বন যৌগরূপে অধিক পরিমাণে বর্তমান দেখা যায়। জ্বালানির হাইড্রোজেন ও কার্বনের সহিত বায়ুর অক্সিজেন রাসায়নিকভাবে যুক্ত হইয়া তাপ উৎপাদন করে। গৃহস্থালীর কার্যে, যানবাহন পরিচালনে এবং বিভিন্নশিল্পে প্রচুর তাপ-শক্তির প্রয়োজন হয়। সৌরকিরণ অজস্র তাপ-শক্তির উৎস। বিদ্যুৎ শক্তি হইতেও তাপ-শক্তি পাওয়া যায়, কিন্তু জল-বিদ্যুৎ (Hydro-electric power) ছাড়া অন্য স্থলে জ্বালানির দহন দ্বারা ষ্টীম উৎপাদন করিয়া তাহার সাহায্যে বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপন্ন করা হয়, কাজেই অধিকাংশ ক্ষেত্রেই বহু প্রকারের দাহ্যবস্তু পোড়াইয়া তাপোৎপাদন করা হইয়া থাকে।

প্রকৃতিতে যে সমস্ত জ্বালানি পাওয়া যায় তাহাদের তিন ভাগে ভাগ করা হয়। যথা (ক) কঠিন, (খ) তরল ও (গ) গ্যাসীয়। প্রাকৃতিক কঠিন জ্বালানি হিসাবে পাওয়া যায় কাঠ ও কয়লা (coal) [পিট (peat), লিগনাইট (lignite), অ্যানথ্রাসাইট (anthracite) প্রভৃতি খনিজ কয়লার প্রকার-ভেদ প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।] ইহা ছাড়া, কৃত্রিম উপায়ে উৎপন্ন কঠিন জ্বালানি কাঠ-কয়লা ও কোক কয়লা। এই সকল কঠিন জ্বালানি গৃহস্থালীর কার্যে, ধাতুনিষ্কাশনের চুল্লীতে, রেল, জাহাজ প্রভৃতির ইঞ্জিনে তাপোৎপাদনের জন্য ব্যবহৃত হয়।

তরল জ্বালানির প্রাকৃতির উৎস হইল খনিজ তৈল (mineral oil or petroleum)। কৃত্রিম উপায়েও তরল জ্বালানি প্রস্তুত করা হয়, যথা, পেট্রল (কয়লা হইতে), কেরোসিন (খনিজ তৈল হইতে), স্পিরিট (methylated spirit, চিনি উৎপাদনের পর অবশিষ্ট ঝোলাগুড় হইতে)। এই সমস্ত জ্বালানির মোটর-গাড়ীর ইঞ্জিনে, ষ্টোভে, জাহাজের ইঞ্জিনে ব্যবহার হইয়া থাকে।

গ্যাসীয় জ্বালানির প্রাকৃতিক উৎস হইল স্বাভাবিক গ্যাস (natural gas); ইহা পেট্রোলিয়ামের খনি হইতে উদ্ভূত হইয়া খনির নিকট থাকে এবং সেখান হইতে সংগৃহীত হয়। কৃত্রিম উপায়েও নানাপ্রকার গ্যাসীয় জ্বালানি প্রস্তুত করা হয়, যথা কোল-গ্যাস (Coal-gas), প্রডিউসার-গ্যাস (Producer-gas), জল-গ্যাস (water-gas), তৈল-গ্যাস (oil-gas) প্রভৃতি। এই সকল গ্যাসীয় ইন্ধনের ব্যবহার খুবই প্রচলিত দেখা যায়। শিল্পে ও গৃহস্থালীর কার্যে, রাস্তায় আলোর ব্যবস্থা করিতে এবং সময় সময় বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপাদনে গ্যাসীয় ইন্ধনের প্রয়োগ ক্রমশঃ বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হইতেছে।

উপরে উল্লিখিত বিভিন্ন জ্বালানির কার্যকারিতা সমান নয়। জ্বালানিগুলির তাপোৎপাদন ক্ষমতা প্রকাশ করিতে উহাদের **ক্যালরি-সংখ্যা** (Calorific value) ব্যবহৃত হয়। এক গ্রাম জলের এক ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপ-শক্তির প্রয়োজন হয়, তাহাকে এক **ক্যালরি** (Calorie) বলে। সাধারণতঃ এই এককে যে-কোনও ইন্ধনের তাপ-শক্তির পরিমাপ করা হয়। কোনও জ্বালানির এক-গ্রাম পোড়াইয়া যত ক্যালরি তাপ শক্তি পাওয়া যায়, তাহাকে উক্ত জ্বালানির ক্যালরি-সংখ্যা (Calorific value) বলা হয়।

কয়লা ঃ কয়লা একটি গাঢ় বাদামী অথবা কালো রং এর খনিজ পদার্থ। ইহা গাছপালার অবশিষ্টাংশ এবং ইহাতে হাইড্রোজেন এবং কার্বন এরূপ পরিমাণে বর্তমান যে ইহা জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা যায়। ইহা কার্বনের একটি অতি অশুদ্ধ রূপ। ইহা বায়ুর অবর্তমানে জীবাণুর ক্রিয়ায় এবং মাটির চাপে গাছপালা হইতে উৎপন্ন হয়। বৈজ্ঞানিক গবেষণায় স্থির হইয়াছে যে, লক্ষ লক্ষ বৎসর পূর্বে পৃথিবীর উপর কেবল বন-জঙ্গল ছিল এবং তখনও পৃথিবীতে মানুষের আবির্ভাব হয় নাই। এই অবস্থায় প্রাকৃতিক দুর্যোগে, যথা ভূমিকম্প, অগ্ন্যুৎপাত, পৃথিবীর আলোড়ন প্রভৃতি ঘটনায়, এক একটি বিরাট জঙ্গল, সমস্ত গাছপালা, খালবিল সমেত মাটির নীচে ধ্বসিয়া যায়। তার পর ধীরে ধীরে ঐগুলির উপর বালি, পলিমাটি ইত্যাদি স্তরে স্তরে জমা হয়। হাজার হাজার বৎসরে ক্রমে ক্রমে উদ্ভিদের আকৃতি পরিবর্তিত হইয়া শেষ অবধি উহা কয়লায় পরিণত হইয়াছে। সেইজন্য পাথর ও কাদাপাথরের মধ্যে স্তরে স্তরে কয়লা সাজানো অবস্থায় পাওয়া যায়। উদ্ভিদের ক্রমঃপরিবর্তনের প্রমাণ ভিন্ন ভিন্ন ধরণের কয়লা হইতে পাওয়া যায়; যেমন পিটে (peat) কার্বনের পরিমাণ শতকরা 60 ভাগ পাওয়া যায়, লিগনাইটে (lignite),

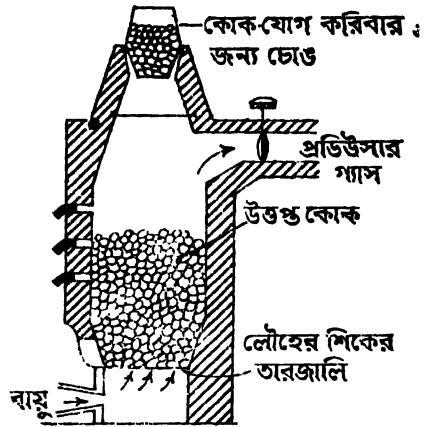
কার্বন থাকে শতকরা 67 ভাগ, ক্যানেল কোলে (Cannel Côal) কার্বন থাকে শতকরা 83 ভাগ, বিটুমিনাস (bituminous) কয়লায় শতকরা 88·4 ভাগ কার্বন দেখা যায় এবং অ্যানথ্রাসাইটে (anthracite) কার্বনের উপস্থিতি দেখা যায় শতকরা 94 ভাগ। পূর্বে যদিও কয়লাকে কার্বনের একটি রূপভেদ (allotrope) বলিয়া ধরা হইত, বর্তমানে উহাতে বিশুদ্ধ কার্বন কমই থাকে বলিয়া উহাকে আর কার্বনের রূপভেদ বলিয়া গণ্য করা হয় না।

ভারতে তাপ-শক্তির সর্বপ্রধান উৎস হইল কয়লা। এই কয়লা জ্বালাইয়াই বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপাদন করা হয়। বর্তমানে ভারতে কয়েকটি স্থানে জল-বিদ্যুৎ (hydro-electric power) উৎপাদন করা হইতেছে।

কয়লাকে সাক্ষাৎভাবে অথবা উহাতে হাইড্রোজেন যোগ করিয়া তৈলে পরিণত করিয়া [Bergius process : কমা কয়লার গুঁড়াকে ভারী তৈলের (Heavy oil) সাহায্যে লেইএ (paste) পরিণত করিয়া 450° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয় এবং তখন উহার উপর দিয়া 250 গুণ বায়ুচাপে হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালনা করা হয়। ইহাতেই অতি কম উষ্ণতায় স্ফুটনযোগ্য উদ্বায়ী তৈল উৎপন্ন হয়।] কিংবা অন্তর্ধূম পাতনের দ্বারা উহাকে কোল-গ্যাস ও কোকে পরিণত করিয়া জ্বালানিরূপে ব্যবহার করা হয়। কয়লার অন্তর্ধূম পাতনকে **কোলের অঙ্গারীকরণ** (Carbonisation of Coal) বলে। এই পাতনক্রিয়া উচ্চ উষ্ণতায় (1000°—1200° সেন্টিগ্রেড) অথবা নিম্ন উষ্ণতায় (600°—650° সেন্টিগ্রেড) নিষ্পন্ন করা যায়। প্রথমটিকে বলে **High temperature Carbonisation of Coal** এবং দ্বিতীয়টিকে বলে **Low temperature Carbonisation of Coal**। এই দুইটি ক্ষেত্রে উৎপন্ন গ্যাসের উপাদান বিভিন্ন হয় এবং কোকও ভিন্নধর্মী হয়। ইহা ছাড়া, কয়লা হইতে আরও দুইটি গ্যাসীয় ইন্ধন উৎপাদন করা হয়। যথা, প্রডিউসার-গ্যাস (Producer-gas) এবং জল-গ্যাস (Water-gas); আমরা একে একে এই গ্যাসীয় ইন্ধনগুলির উৎপাদন পদ্ধতি ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা করিব।

(1) **প্রডিউসার গ্যাস** (producer gas) : একটি বিশেষ প্রকারের আবদ্ধ চোঙের মত ষ্টীলের চুল্লীতে (producer) কোক লোহার শিকের ঝাঁঝরির উপর সাজাইয়া উহাতে আগুন ধরাইয়া শ্বেততপ্ত (প্রায় 1000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা)

করা হয়। তৎপরে কোকের নীচ হইতে লোহার শিকের ভিতর দিয়া নিয়ন্ত্রিত পরিমাণে বায়ু পরিচালনা করিলে এই প্রডিউসার গ্যাস উৎপন্ন হয়। ইহা প্রধানতঃ কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের মিশ্রণ। $2C+O_2=2CO$। ইহাতে ব্যবহৃত চুল্লীর ভিতরে অগ্নিসহ ইষ্টকের আস্তরণ দেওয়া থাকে এবং উৎপন্ন গ্যাস চুল্লীর উপরের দিকে একপার্শ্বে লাগানো নির্গমন-নল দিয়া বাহিরে আসে। এই গ্যাসীয় ইন্ধন যেখানে প্রয়োজন সেইখানে উৎপাদন করিয়া সঙ্গে সঙ্গে পোড়ান হয় এবং তাহাতেই ইহার ক্যালরি সংখ্যা পূর্ণমাত্রায় পাওয়া যায়। এই গ্যাস উৎপাদন করিয়া রাখিয়া দিলে ইহার ক্যালরি সংখ্যা অনেক কমিয়া যায় প্রডিউসার গ্যাসের ব্যবহার আমরা পূর্বে কাঁচ উৎপাদনের ও সিমেনস্ মার্টিন পদ্ধতিতে ষ্টীল উৎপাদনের রিজেনেরেটিভ সিসটেম-(Regenerative System) যুক্ত চুল্লী উত্তপ্ত করিতে দেখিতে পাইয়াছি।

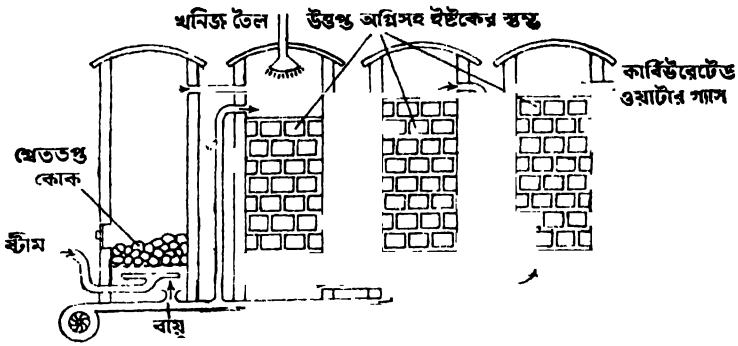
চিত্র নং—4

প্রডিউসার গ্যাস জ্বালানি হিসাবে এবং বিজারকরূপে ব্যবহৃত হয়। ইহার কার্বন মনোক্সাইডটুকু বায়ুতে পুড়িয়া তাপ উৎপাদন করে $2CO+O_2=2CO_2$। অন্যান্য জ্বালানির তুলনায় ইহার তাপন-শক্তি (Calorific power) কম, কিন্তু ইহা সহজে উৎপাদন করা যায় বলিয়া ইহা রিজেনেরেটিভ (Regenerative) চুল্লীতে এবং কোল গ্যাস প্রস্তুতির বকযন্ত্রকে উত্তপ্ত করিতে ব্যবহৃত হয়। পেট্রলের অভাব হইলে কাঠ-কয়লা ব্যবহার করিয়া উৎপন্ন প্রডিউসার গ্যাসের সাহায্যে মটর যান চালানো হইয়া থাকে।

(II) **জল-গ্যাস** (Water gas): জল-গ্যাস প্রধানতঃ হাইড্রোজেন এবং কার্বন মনোক্সাইডের মিশ্রণ। শ্বেত-তপ্ত (white-hot, উষ্ণতা প্রায় 1400° সেন্টিগ্রেড) কোকের উপর দিয়া ষ্টীম চালনা করিলে নিম্নলিখিত সমীকরণদ্বারা প্রকাশ্য বিক্রিয়া ঘটিয়া কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়:

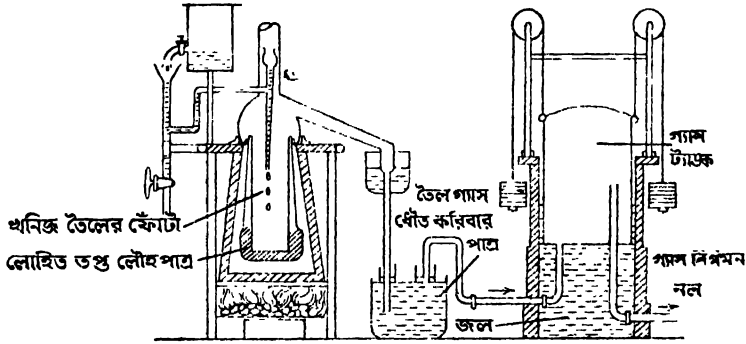
$C+H_2O=CO+H_2$। 1400° সেন্টিগ্রেড হইতে ক্রমশঃ উষ্ণতা এই বিক্রিয়ার ফলে কমিয়া যায়, কারণ উল্লিখিত বিক্রিয়াটি বিশেষভাবে তাপ-শোষক। 1000° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত এইপ্রকার বিক্রিয়া ঘটে। 1000° সেন্টিগ্রেডের নিম্ন উষ্ণতায় কার্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হইতে থাকে: $C+2H_2O=CO_2+2H_2$; কিন্তু কার্বন ডাই-অক্সাইডের কোন ক্যালরি সংখ্যা (calorific value) নাই, তাই যাহাতে কার্বন ডাইঅক্সাইড বেশী পরিমাণে উৎপন্ন না হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখিতে হয়। সেই কারণে কোকের উষ্ণতা 1000° সেন্টিগ্রেড অপেক্ষা কমিয়া গেলে তাহাকে আবার 1400° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বায়ুপ্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া তোলা হয়। ইহাতে কিছুটা কোক নষ্ট হয়। প্রক্রিয়াটি এইরূপে পরিচালিত করা হয়: প্রথমে শ্বেত-তপ্ত কোকের উপর দিয়া 4 মিনিট ধরিয়া ষ্টীম চালনা করা হয় এবং ষ্টীম চালনা বন্ধ করিয়া 2 মিনিট ধরিয়া বায়ুপ্রবাহ চালনা করা হয়। আবার ষ্টীম চালনার 4 মিনিট সময়কে দুইভাগে ভাগ করা হয়। প্রথম ভাগে ষ্টীম শ্বেত-তপ্ত কোকের নীচ দিয়া চালনা করা হয় এবং দ্বিতীয় ভাগে ষ্টীম শ্বেত-তপ্ত কোকের উপর দিয়া নীচের দিকে চালনা করা হয়। দুই বারেই যে গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহা একই পথে বাহির করিবার ব্যবস্থা থাকে এবং উৎপন্ন জল-গ্যাসকে সরাসরি তৈল গ্যাস উৎপাদকের ভিতর চালাইয়া দেওয়া হয়। অনেক কার্যের জন্য আমেরিকায় মিউনিসিপ্যালিটিগুলি জল-গ্যাস ক্রয় করিয়া শহরে তাপ-শক্তি উৎপাদনে ব্যবহার করে এবং তখন ইহাকে তৈলগ্যাসের সহিত মিশাইয়া বিক্রয় করা হয়। তাই এই ব্যবস্থা। প্রকৃতপক্ষে শ্বেততপ্ত কয়লার নীচ দিয়া ষ্টীম $1\frac{1}{2}$ মিনিট ধরিয়া চালনা করা হয়, পরে $1\frac{1}{2}$ মিনিট ধরিয়া কয়লার উপর দিক হইতে নীচের দিকে ষ্টীম চালনা করা হয়, পরে 1 মিনিট ধরিয়া পাত্রের ভিতরের জল-গ্যাস তাড়াইয়া বাহির করিয়া দেওয়া হয়। পরে 2 মিনিট উত্তপ্ত কোকের উপর দিয়া বায়ুপ্রবাহ চালানো হয়।

সম্পূর্ণ প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত যন্ত্রটি পরপর সাজানো তিনটি পাত্রদ্বারা গঠিত। একটি হইল জল-গ্যাস উৎপাদক, অন্যটি তৈল গ্যাস মিশ্রণের পাত্র এবং তৃতীয়টি অত্যুচ্চ তাপ উৎপাদক। প্রত্যেক পাত্রটি ষ্টীলের তৈয়ারী। তৈল গ্যাস মিশ্রণের পাত্রটি সাজানো ইষ্টকদ্বারা ভর্তি। উত্তপ্ত জল-গ্যাসের দ্বারা ইষ্টকগুলি উত্তপ্ত হয় এবং ইহার উপর অতি সূক্ষ্ম তৈলকণা বর্ষিত হইলে উহা গ্যাসে পরিণত হইয়া জল-গ্যাসের সহিত মিশিয়া যায়। জল-গ্যাস ও তৈল-গ্যাসের মিশ্রণকে পূর্ব হইতে উত্তপ্ত

তৃতীয় পাত্রে চালনা করিয়া অত্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। তৈল-গ্যাস ভাঙ্গিয়া গিয়া হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয়। এই হাইড্রোকার্বন-যুক্ত জল-গ্যাসকে কার্বিউরেটেড ওয়াটার গ্যাস (carburetted water gas) বলে। এই হাইড্রোকার্বন-যুক্ত জল-গ্যাসকে চতুর্থ প্রকোষ্ঠে (purifier) জলযুক্ত ফেরিক অক্সাইডের (hydrated ferric oxide) উপর দিয়া চালনা করিয়া H_2S মুক্ত করা হয়।

চিত্র নং—5

ব্যবহার : জল-গ্যাস, জ্বালানি ও আলোক উৎপাদক হিসাবে (illuminant) ব্যবহৃত হয়। কাবিউরেটেড জল-গ্যাস থোরিয়া (Thoria, ThO_2) ঘটিত জালির উপর জ্বালাইয়া উজ্জ্বল আলো পাওয়া যায়। জল-গ্যাস হাইড্রোজেনের পণ্য উৎপাদনেও ব্যবহৃত হয় [Bosch Process ; ইহাতে জল-গ্যাসের সহিত ষ্টীম মিশাইয়া মিশ্রণটিকে ক্রোমিয়াম অক্সাইডের সহিত মিশ্রিত ফেরিক অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া উচ্চচাপে 550° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় চালিত করা হয় ; ইহাতে কার্বন মনোক্সাইড ও ষ্টীম বিক্রিয়া করিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন দেয় ; $CO+H_2O=CO_2+H_2$। এইভাবে উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইড উচ্চ চাপে (25 গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপে) জলের ভিতর চালিত করিয়া দ্রবীভূত করা হয়। যদি সামান্য অপরিবর্তিত কার্বন মনোক্সাইড হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত থাকে, তাহা কিউপ্রাস ফরমেটের অ্যামোনিয়ার দ্রবণে

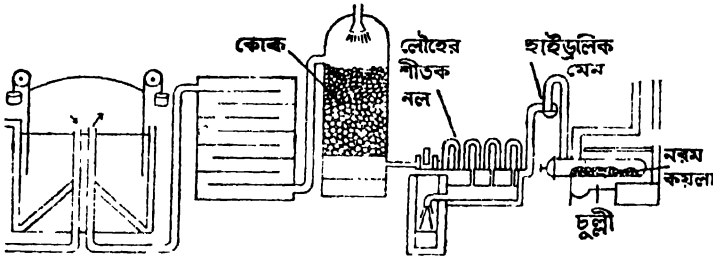
শোষিত করা হয়।] সময় সময় ইহা ধাতুনিষ্কাশনে * বিজারক হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

চিত্র নং—6

দ্রষ্টব্য ঃ যেখানে কোন গ্যাস পাওয়া যায় না সেই সমস্ত স্থানের পরীক্ষাগারে খনিজ তৈল হইতে উৎপন্ন গ্যাস বুনসেন দীপ জ্বালাইতে ব্যবহৃত হয়। উত্তপ্ত লৌহের বকযন্ত্রের (iron retort) উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া খনিজ তৈল (mineral oil or kerosene) ফেলা হয়। তাহাতেই উহার জটিল হাইড্রোকার্বন ভাঙ্গিয়া গিয়া গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে পরিণত হয়। উৎপন্ন গ্যাসকে জলের ভিতর দিয়া চালিত করিয়া ধৌত করা হয় এবং পরে জলের উপর গ্যাসট্যাঙ্কে সংগ্রহ করিয়া রাখা হয়। সেখান হইতে সংযুক্ত গ্যাস-নির্গমন নলের সাহায্যে উক্ত গ্যাসকে পরীক্ষাগারে চালিত করা হয়।

(III) **কোল-গ্যাস** (Coal gas) ঃ প্রকৃতিতে যে কয়লা খনিজরূপে পাওয়া যায় তাহাতে কার্বনের সহিত অনেক প্রকার জৈব-যৌগ এবং নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, সলফার প্রভৃতি মৌল মিশ্রিত থাকে। কাঁচা নরম কয়লার অথবা বিটুমিনাস্ (bituminous) কয়লার বায়ুর অনুপস্থিতিতে অন্তর্ধূম পাতনদ্বারা এই কোল গ্যাস উৎপন্ন হয়। এই গ্যাস হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন, মিথেন, ইথিলিন, বেনজিন বাষ্প, কার্বন মনোক্সাইড প্রভৃতি গ্যাসের মিশ্রণ। কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের সময় অন্যান্য উপাদানগুলি বিয়োজিত হইয়া গ্যাসীয় অবস্থায় পাতিত হয়।

কোল-গ্যাসের পণ্য-উৎপাদন ঃ অগ্নিসহ মৃত্তিকানির্মিত সারি সারি ◠ আকারের অনুভূমিক বকযন্ত্রে কাঁচা নরম খনিজ কয়লার অথবা বিটুমিনাস্ কোলের

গুড়া লওয়া হয় এবং বকযন্ত্রগুলিকে চুল্লীতে বসাইয়া চারিদিক হইতে প্রডিউসার গ্যাসের দহনে উৎপন্ন শিখাদ্বারা $1000^\circ-1200^\circ$ সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। প্রত্যেকটি বকযন্ত্র প্রায় তিন-চতুর্থাংশ কয়লার টুকরাদ্বারা ভর্তি করা হয় এবং উহার মুখ মাটির প্রলেপ দিয়া বন্ধ করা হয়। এইভাবে বকযন্ত্রের ভিতর বায়ুপ্রবেশের পথ বন্ধ করা হয়। এই আবদ্ধ বকযন্ত্রে কয়লাকে উত্তপ্ত করার ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থগুলিকে একটি খাড়াভাবে লাগানো বহির্গমন নলের (exit pipe) ভিতর দিয়া একটি মোটা অনুভূমিকভাবে বসানো পাত্রের ভিতর লওয়া

চিত্র নং—7

হয়। বহির্গমন নলকে **উত্থান নল** (ascension pipe) বলে এবং অনুভূমিক পাত্রকে **হাইড্রলিক মেন** (hydraulic main) বলে। এই হাইড্রলিক মেনে সামান্য জল থাকে এবং এখানে কম উদ্বায়ী পদার্থগুলি 60° সেন্টিগ্রেডে শীতল হওয়ায় ঘনীভূত হয়; কিছু আল্‌কাতরা (tar), অ্যামোনিয়া দ্রব ও জল জমে। হাইড্রলিক মেনে তরল পদার্থ থাকার ফলে বকযন্ত্র খুলিয়া ঝাড়িবার সময় গ্যাস পিছন হইতে আসিয়া বকযন্ত্রে ঢুকিতে পারে না (no back-suction of the gas occurs)। হাইড্রলিক মেন হইতে উষ্ণ গ্যাস কতকগুলি খাড়াভাবে পরপর সজ্জিত লোহার নলের ভিতর দিয়া যায়। এই নলগুলিকে **বায়ু-ঘনক** (air-condenser) বলে। এই নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করানর ফলে গ্যাস সাধারণ উষ্ণতায় আসে এবং বেশীর ভাগ আল্‌কাতরা এবং অ্যামোনিয়া দ্রবণ ঘনীভূত হইয়া শীতক নলগুলির নীচে অবস্থিত ট্যাঙ্কে জমা হয়। সেখান হইতে আলকাতরা একটি কূপে যাইয়া জমা হয় এবং আলকাতরার উপর অ্যামোনিয়ার

দ্রবণ জমা হয়। এই অ্যামোনিয়ার দ্রবণকে অ্যামোনিয়াক্যাল লাইকার (Ammoniacal liquor) বা গ্যাস লাইকার (gas liquor) বলে।

এখান হইতে একটি ঘূর্ণায়মান (rotatory) পাম্পের (exhaust pump) সাহায্যে গ্যাসকে প্রথমে ধাবনস্তম্ভে বা **স্ক্রাবারের** (scrubher) ভিতর প্রবেশ করান হয় এবং পরে **শোধকের** (purifier) মধ্য দিয়া চালাইয়া দেওয়া হয়। স্ক্রাবারের আকৃতি একটা স্তম্ভের মত এবং ইহার ভিতরটা কোক বা ঝামা দ্বারা ভর্তি করা থাকে। গ্যাস শীতক হইতে ধাবন-স্তম্ভের ভিতর তলদেশ দিয়া প্রবেশ করে এবং উপর দিকে উঠিতে থাকে। ধাবন-স্তম্ভের উপর হইতে জলধারা প্রবাহিত করা হয়। এইখানে উর্ধ্বগামী গ্যাস নিম্নগামী জলস্রোত-দ্বারা ধৌত হইয়া যায় এবং জলে অবশিষ্ট অ্যামোনিয়া, কিছু কার্বন ডাই-অক্সাইড ও হাইড্রোজেন সলফাইড দ্রবীভূত হয়। উৎপন্ন দ্রবণ কূপে চলিয়া যায়। ইহার পরও গ্যাসে কিছু অপদ্রব্য (impurity, যেমন H_2S, $(CN)_2$, CO_2, CS_2 ইত্যাদি) থাকে। সেইগুলি শোধকে পাঠাইয়া বিশোধকের সাহায্যে শোষিত করা হয়। এই শোধক একটি চওড়া আয়তক্ষেত্রিক লোহার বাক্স। ইহাতে কয়েকটি তাকে লোহার থালায় করিয়া কলিচূন এবং অন্য কয়েকটি তাকে অনুরূপভাবে আর্দ্র ফেরিক অক্সাইড (অর্থাৎ ফেরিক হাইড্রক্সাইড) রাখা হয়। কলিচূন সমস্ত কার্বন ডাই-অক্সাইড (CO_2) ও কিছু হাইড্রোজেন সলফাইড (H_2S) এবং কার্বন ডাই-সলফাইড (CS_2) ও হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিড (HCN) শোষণ করে। ফেরিক হাইড্রক্সাইড বাকি সমস্ত H_2S এবং HCN শোষণ করিয়া লয়।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2H_2S = Ca(SH)_2 + 2H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + H_2S = CaS + 2H_2O$$

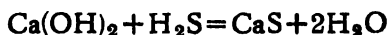
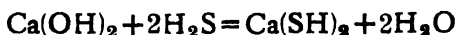
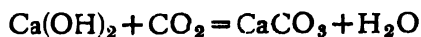
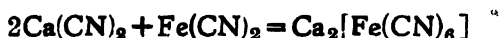
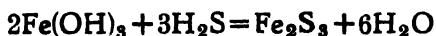
$$CaS + CS_2 = CaCS_3$$

ক্যালসিয়াম থায়োকার্বনেট

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

$$Ca(OH)_2 + 2HCN = Ca(CN)_2 + 2H_2O$$

$$2Fe(OH)_3 + 2HCN = 2Fe(CN)_2 + (CN)_2 + 6H_2O$$

$$2Ca(CN)_2 + Fe(CN)_2 = Ca_2[Fe(CN)_6]$$

বিশুদ্ধ গ্যাসকে গ্যাস আধারে (Gas-holder) জলের উপর সঞ্চিত করা হয় এবং প্রয়োজন অনুযায়ী চাপ দিয়া নলের সাহায্যে বাহিরে আনিয়া বিভিন্ন স্থানে পরিচালিত করা হয়।

উৎপন্ন Fe_2S_3কে আর্দ্র বায়ুতে ফেলিয়া রাখিলে উহা পুনরায় Fe_2O_3তে পরিণত হয় এবং সলফার মৌল বাহির হইয়া আসিয়া উহার সহিত মিশিয়া থাকে। এই পুনরুৎপন্ন সোদক ফেরিক অক্সাইড পুনরায় শোধকে ব্যবহার করা হয়: $2Fe_2S_3+3O_2=2Fe_2O_3+6S$, এইভাবে ফেরিক হাইড্রক্সাইডকে পুনঃপুনঃ ব্যবহার করা যায় যতক্ষণ না উহাতে শতকরা 50 ভাগ ওজনের সলফার জমা হয়।

কোল-গ্যাসের উপাদান:—কোল-গ্যাসের উপাদান খনিজ কয়লার প্রকৃতি ও অন্তর্ধূম পাতনের উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। যে উষ্ণতায় কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের বর্ণনা এখানে দেওয়া হইল তাহাতে উৎপন্ন কোল গ্যাসকে হাইড্রোজেন, মিথেন, কার্বন মনোক্সাইড, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেনজিনবাষ্প, নাইট্রোজেন, কার্বন ডাই-অক্সাইড, অক্সিজেন প্রভৃতির মিশ্রণরূপে পাওয়া যায়। এই গ্যাসগুলিকে তিন ভাগে বিভক্ত করা যায়, যথা: **আলোক-উৎপাদক** (Illuminants), **উত্তাপ-উৎপাদক** (diluents) এবং **অশুদ্ধি** (impurities)। যে সমস্ত গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন পোড়াইয়া আলোক পাওয়া যায় তাহারাই আলোক-উৎপাদক; যে সমস্ত গ্যাস পোড়াইয়া তাপ উৎপন্ন হয় তাহাদের উত্তাপ-উৎপাদক বলিয়া গণ্য করা হয়; ইহারা কোল-গ্যাসের যে সমস্ত হাইড্রোকার্বন ধোঁয়াযুক্ত শিখার সহিত পোড়ে তাহাদের পাতলা করিয়া দেয় এবং তাহাতে ধোঁয়াযুক্ত শিখা বন্ধ হয়। কোল-গ্যাসের উপাদানগুলির পরিমাণ নিম্নলিখিত প্রকার:

হাইড্রোজেন	48 – 55%	তাপোৎপাদক
মিথেন	26 – 35%	
কার্বন মনোক্সাইড	4 – 11%	
ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন, বেনজিনবাষ্প	2·5—5%	আলোক-উৎপাদক
নাইট্রোজেন	2 – 12%	অশুদ্ধি
কার্বন ডাই-অক্সাইড	0 – 3%	
অক্সিজেন	0 – 1·5%	

নিম্নে কোল-গ্যাস উৎপাদনের সময় যে যে **উপজাতগুলি** (by-products) পাওয়া যায় তাহাদের নাম, প্রকৃতি ও ব্যবহার উল্লেখ করা হইল :—

(1) **আলকাতরা** (Coal-tar), (2) **অ্যামোনিয়া-দ্রব** (Ammoniacal liquor), (3) **অব্যবহার্য চুন** (Spent lime), (4) **অব্যবহার্য-আয়রণের অক্সাইড** (Spent oxide of iron), (5) **গ্যাস-কার্বন** (Gas carbon), (6) **কোক** (Coke)।

(1) **আলকাতরা :** ইহা একটি কালো দুর্গন্ধযুক্ত চট্‌চটে তরল পদার্থ। ইহা বহু-প্রকারের জৈব-যৌগের মিশ্রণ

ব্যবহার :—ইহা (i) কাঠের জিনিসের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করিতে, (ii) আলকাতরা যুক্ত কাগজ প্রস্তুতে এবং (iii) বেনজিন, ন্যাপথ্যালিন, কার্বলিক অ্যাসিড প্রভৃতি জৈব যৌগের পণ্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। এই জৈব-যৌগগুলি পাইতে হইলে আলকাতরার আংশিক পাতন নিষ্পন্ন করা হয়; এই জৈব যৌগগুলি হইতে নানাবিধ রং, সর্বাপেক্ষা মিষ্টদ্রব্য স্যাকারিণ (Saccharine) ও নানাবিধ ঔষধ প্রস্তুত করা হয়। আলকাতরার আংশিক পাতনের পর বকযন্ত্রে যাহা পড়িয়া থাকে তাহাই **পিচ** (pitch) নামে অভিহিত হয়। এই পিচকে আলকাতরা হইতে উৎপন্ন তৈলের সহিত মিশাইয়া **অ্যাসফ্যাল্ট** (asphalt) তৈয়ারি হয়। এই অ্যাসফ্যাল্ট রাস্তা তৈয়ারি করিতে এবং বার্ণিস প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়।

(2) **অ্যামোনিয়া-দ্রব :** এই দ্রবণে অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম কার্বনেট, অ্যামোনিয়াম হাইড্রোসলফাইড ইত্যাদি দ্রব্য থাকে। ইহাকে চুনের সহিত ফুটাইলে অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন হয়; এই অ্যামোনিয়াকে হয় ঠাণ্ডা জলে দ্রবীভূত করিয়া অ্যামোনিয়ার ঘন দ্রবণ (Liquor Ammonia) অথবা সলফিউরিক অ্যাসিডে শোষিত করিয়া অ্যামোনিয়াম সলফেট উৎপন্ন করা হয়।

ব্যবহার : 'লাইকার অ্যামোনিয়া' পরীক্ষাগারে ব্যবহৃত হয় এবং অ্যামোনিয়াম সলফেট সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(3) **অব্যবহার্য চুন :** এই দ্রব্য শোধক-স্তম্ভ হইতে পাওয়া যায়। শোধকে অনেক দিন ধরিয়া চুন ব্যবহার করিলে উহার আর কোল-গ্যাসের অশুদ্ধি শোষণ

করিবার ক্ষমতা থাকে না। তখন উহাকে বাহিরে আনা হয় এবং উহাকেই অব্যবহার্য চুন বলে।

ব্যবহার : ইহা সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(4) **অব্যবহার্য আয়রণের অক্সাইড :** ইহাও শোধক-স্তম্ভ হইতে পাওয়া যায়। ইহাকে বারবার পুনরুজ্জীবিত করিয়া ব্যবহার করার পর যখন ইহাতে শতকরা 50 ভাগ সলফার জমা হয় তখন ইহাকে আর ব্যবহার করা যায় না; সেই অবস্থায় ইহাকে অব্যবহার্য আয়রণের অক্সাইড বলে।

ব্যবহার : সময় সময় ইহা হইতে ফেরোসায়ানাইডের পণ্য উৎপাদন সংঘটিত করা হয়। তবে বেশীর ভাগ সময়েই ইহা পোড়াইয়া সলফার ডাই-অক্সাইড উৎপাদন করিয়া সলফিউরিক অ্যাসিডের পণ্য-উৎপাদন সংঘটিত করা হয়।

(5) **গ্যাস-কার্বন :** ইহা কোল গ্যাস উৎপাদনের বকযন্ত্রের ভিতরের দিকে উৎক্ষেপ (sublimate) রূপে জমা হয়।

ব্যবহার : ইহা তড়িৎদ্বার হিসাবে তড়িৎচুল্লীতে, তড়িৎকোষ উৎপাদনে এবং আর্ক-আলো (Arc-light) উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

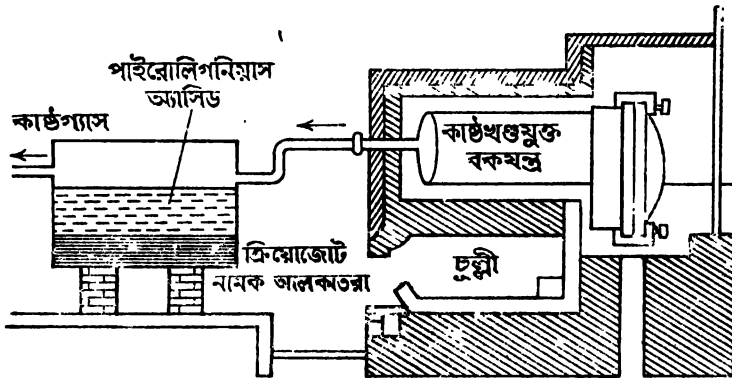
(6) **কোক :**—ইহা কোল গ্যাস উৎপাদনের বকযন্ত্রে অবশেষ হিসাবে পড়িয়া থাকে।

ব্যবহার :—ইহা উত্তম জ্বালানিহিসাবে এবং ধাতুনিষ্কাশনে বিজারক ও জ্বালানি দুই রূপেই ব্যবহৃত হয়। ইহা দাহ্য গ্যাস, যথা প্রডিউসার গ্যাস ও জল-গ্যাস, উৎপাদনেও ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য : নিম্ন উষ্ণতায় খনিজ কয়লার অন্তর্ধূম পাতনে যে কোল গ্যাস উৎপন্ন হয় তাহার তাপ উৎপাদনের ক্ষমতা বেশি হয়। সেই সময় যে আলকাতরা পাওয়া যায় তাহা হইতে মটর স্পিরিট ও জ্বালানি তৈল পাওয়া যায়। এই সময় উৎপন্ন কোক নরম হয় এবং ধোঁয়া না দিয়া জ্বলে। উচ্চ উষ্ণতায় উৎপন্ন কোক শক্ত হয়, সেই কারণে উহা ধাতুনিষ্কাশনে ব্যবহারের উপযুক্ত হয়।

কাঠের অন্তর্ধূম পাতন (Destructive Distillation of Wood) :—

কাঠ-কয়লা (Wood Charcoal) উৎপাদনের বিষয় দশম শ্রেণীর জন্য লিখিত "রসায়নের গোড়ার কথা" দ্বিতীয় ভাগে বলা হইয়াছে। জলীয় পাতিত

দ্রব্য আম্লিক (acidic) এবং উহাকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে। উহা মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, অ্যাসিটোন ও মিথাইল অ্যাসিটেট— এই জৈব যৌগগুলির মিশ্রণ। এই জলীয় পাতিত দ্রব্যের নীচে আল্‌কাতরা

চিত্র নং—৪

জমা হয়। এই আল্‌কাতরাকে **কাষ্ঠের আলকাতরা** (wood-tar) অথবা **ক্রিয়োজোট** (creosote) বলে। উপরের চিত্র নং ৪এ বকযন্ত্রে রক্ষিত কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে যেভাবে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড ও আলকাতরা সংগ্রহ করা হয় তাহা দেখান হইয়াছে।

পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতন (Fractional Distillation of Petroleum) :—পেট্রোলিয়াম কথাটির ধাতুগত অর্থ হইল পাথুরে তৈল (*petra*—rock ; *oleum*—oil)। ইহাকে খনিজ (mineral) তৈল বলা হয়। ইহা উদ্ভিজ্জ তৈল হইতে ভিন্নধর্মী—উদ্ভিজ্জ তৈলকে সাবানে পরিণত করা যায়, খনিজ তৈলকে সাবানে পরিণত করা যায় না। তাহার কারণ খনিজ তৈল প্যারাফিন নামক বিভিন্ন হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। যুক্তরাষ্ট্র, ইরাক্, ইরাণ, সোভিয়েট রাষ্ট্র, মেক্সিকো, ইন্দোনেশিয়া—এই সকল স্থানে ইহা প্রচুর পরিমাণে দেখিতে পাওয়া যায়। অল্পপরিমাণে ইহা বর্মায়, ভারতে, জাপানে এবং রুমানিয়ায় পাওয়া যায়। আসামের

ডিগ্‌বয় ও নাহারকাটিয়ায় এবং বর্তমানে গুজরাটের ক্যাম্বেতে খনিজ তৈল পাওয়া গিয়াছে। আরবে কিছুদিন আগে প্রচুর তৈলের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। অবিশুদ্ধ (crude) পেট্রোলিয়াম কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। তবে বিভিন্ন স্থানের তৈলখনি হইতে প্রাপ্ত পেট্রোলিয়ামের উপাদানের মধ্যে কিছু পার্থক্য দেখা যায়। আমেরিকার খনিজ তৈল কেবল প্যারাফিন হাইড্রোকার্বনগুলির মিশ্রণ, বাকুতে যে খনিজ তৈল পাওয়া যায় তাহাতে শতকরা 40 ভাগ ন্যাপথিন (naphthenes) থাকে। ভূপৃষ্ঠ হইতে প্রায় 1000-5000 ফুট নীচে তৈলস্তর পাওয়া যায়। সেই স্তর পর্যন্ত গর্ত খনন করিয়া পাম্পের সাহায্যে তৈল উপরে তোলা হয়। তৈলখনিতে অনেক সময় অধিক চাপে গ্যাসীয় পদার্থ থাকে; এই গ্যাসীয় পদার্থকে স্বাভাবিক গ্যাস (natural gas) বলা হয়। এই স্বাভাবিক গ্যাসে মিথেন, হিলিয়াম প্রভৃতি গ্যাস বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। গর্ত খনন করিবার সময় অথবা ভূ-পৃষ্ঠের ফাটলের ভিতর দিয়া এই গ্যাস বাহির হইয়া আসে। এই স্বাভাবিক গ্যাস হইতে প্রথমে হিলিয়াম সরাইয়া লইয়া উহাকে জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

খনিজ তৈলকে উপরে তুলিয়া আনিলে উহা অবিশুদ্ধ অবস্থায় থাকে। উহার রং ঘোর বাদামী এবং উহার সহিত কাদামাটি মিশ্রিত অবস্থায় বর্তমান থাকে, এবং তজ্জন্য ইহা চট্‌চটে বা সান্দ্র (viscous) তরল হিসাবে সংগৃহীত হয়। এই তৈলকে প্রথমে কাদামাটি হইতে পৃথক্ করা প্রয়োজন, তাই উহাকে বড় বড় পাত্রে জল মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়; তাহাতে কাদামাটি থিতাইয়া যায় এবং জলের উপর পেট্রোলিয়াম ভাসিয়া উঠে। জলের উপর হইতে উহাকে অন্য একটি পাত্রে ঢালিয়া লইয়া আংশিক পাতন ক্রিয়া (fractional distillation) নিষ্পন্ন করা হয়।

পেট্রোলিয়াম প্রকৃত পক্ষে অনেকগুলি জৈব যৌগের মিশ্রণ। এই মিশ্রণের প্রধান উপাদান হইল বিভিন্ন হাইড্রোকার্বন (Hydro-carbon) জাতীয় যৌগ। আংশিক পাতনপ্রক্রিয়ার দ্বারা পেট্রোলিয়াম হইতে বিভিন্ন হাইড্রোকার্বনের বিভিন্ন উষ্ণতায় স্ফুটনাঙ্কের মাত্রানুসারে পেট্রল, কেরোসিন, ডিজেল তৈল ইত্যাদি পৃথক করা হয়। এই বিভিন্ন উষ্ণতায় উদ্ভূত বিভিন্ন পদার্থগুলির কোনটিই বিশুদ্ধ যৌগিক পদার্থ নয়, ইহারা একাধিক হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ। নিম্নে বিভিন্ন উষ্ণতায় প্রাপ্ত

বিভিন্ন পদার্থের নাম, তাহাদের আপেক্ষিক গুরুত্ব, তাহাদের ব্যবহার ও শতকরা হিসাবে পেট্রোলিয়ামের কত অংশ সেই উৎপন্ন পদার্থ হিসাবে পাওয়া যায় তাহার হিসাব দেওয়া হইল :—

পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে উদ্ভূত দ্রব্যাদি :—

পাতিত অংশের স্ফুটনাঙ্ক	আপেক্ষিক গুরুত্ব	উপাদানের চলতি নাম	শতকরা হিঃ পেট্রোলিয়ামের অংশ	ব্যবহার
1. 30° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	0·64	সাইমোজেন (Cymogene) এবং রিগোলিন (Rhigolene)	16·5	বরফ তৈয়ারি করিতে, স্থানিক অসারতা উৎপাদনে এবং জ্বালানি হিসাবে।
2. 30° হইতে 70° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	0·65	পেট্রোলিয়াম ইথার (Petroleum ether)		তৈল ও অন্যান্য স্নেহ পদার্থের দ্রাবক হিসাবে।
3. 70° হইতে 120° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	0·72	পেট্রল (Petrol) বা গ্যাসোলিন (Gasoline)		মোটরের ও বিমানের জ্বালানি তৈল হিসাবে এবং শুষ্ক বস্ত্র ধৌত করিতে।
4. 120° হইতে 180° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	0·76	বেনজাইন (Benzine) (ইহার পরে বর্ণিত বেনজিন (Benzene) হইতে পৃথক পদার্থ)	54	গরম কাপড় শুষ্ক অবস্থায় ধৌত করিতে এবং দ্রাবক হিসাবে।
5. 150° হইতে 3000° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	0·80	কেরোসিন (Kerosene)	17·5	আলোক জ্বালাইতে, জ্বালানি হিসাবে এবং পোকামাকড় মারিবার জন্য।

পাতিত অংশের স্ফুটনাঙ্ক	আপেক্ষিক গুরুত্ব	উপাদানের চলতি নাম	শতকরা হিঃ পেট্রোলিয়ামের অংশ	ব্যবহার.
6. 300° সেন্টিগ্রেডের উপর	——	পিচ্ছিলকারী তৈল (Lubricating oil)	2	যন্ত্রাদিতে পিচ্ছিলকারী তৈলহিসাবে, ডিজেল ইঞ্জিনে জ্বালানিরূপে এবং পাটের বিভাগ স্থির করিতে।
7. গলনাঙ্ক 48° হইতে 62° সেন্টিগ্রেড-বিশিষ্ট কঠিন যাহা পাতনযন্ত্রে পড়িয়া থাকে।	——	ভেসলিন (Vaseline) প্যারাফিন মোম (Paraffin Wax)	——	যন্ত্রাদিতে পিচ্ছিলতা উৎপাদন জন্য এবং মলম প্রস্তুতে এবং মোমবাতি তৈয়ারী করিতে।

সর্বশেষে পাত্রে কঠিনরূপে পড়িয়া থাকে পিচ (pitch) বা অ্যাসফাল্ট (asphalt)। ইহা সমগ্র পেট্রোলিয়ামের প্রায় শতকরা 10 ভাগ। ইহা রাস্তা তৈয়ারি করিতে ব্যবহৃত হয়।

কেরোসিনের পর যে অংশ পাওয়া যায় তাহাতে বৃহৎ হাইড্রোকার্বন অণু থাকে। সেইজন্য ইহাকে ভারী তৈল (Heavy oil) বলে। উহাকে অধিক চাপে বিশেষ ভাবে প্রস্তুত অ্যালুমিনার (Al_2O_3) উপর সিলিকার (SiO_2) স্তরকে অনুঘটক হিসাবে একটি নলের' ভিতর রাখিয়া 500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উক্ত অনুঘটকের উপর দিয়া চালনা করিয়া নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক-বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনে বিয়োজিত করান হয়। এই পদ্ধতিকে Cracking বা ফাটানো বলে। নিম্ন স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বন বা পেট্রলের প্রয়োজন মোটর গাড়ী চালনার জন্য অত্যধিক বাড়িয়া গিয়াছে। তাই এই-ভাবে শতকরা প্রায় 50 ভাগ গ্যাসোলিন প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। এইভাবে cracking দ্বারা বিয়োজনের সময় অনেকটাই অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন, যথা, ইথিলিন উৎপন্ন হইয়া থাকে। ইহাদের অণুগুলির সংযোগ সাধন করিয়া তরল হাইড্রোকার্বন উৎপাদন করা হয় এবং উহা মোটরের তৈল হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

Questions

1. **Classify fuels into solid, liquid and gaseous types with proper examples. What are the fuels obtained from coke ? What are their uses ?**

১। জ্বালানিগুলিকে উদাহরণসহ কঠিন, তরল এবং গ্যাসীয়ভাবে বিভক্ত কর।

কোক কয়লা হইতে প্রাপ্ত ইন্ধনগুলি কি কি ? তাহাদের ব্যবহার কোথায় কি ভাবে হইয়া থাকে ?

2. **How is coal-gas manufactured ? Name the diluents, illuminants and impurities present in coal-gas.**

২। কোল গ্যাসের কিভাবে পণ্য উৎপাদন সংঘঠিত হয় ? কোল গ্যাসের ভিতর অবস্থিত তাপোৎপাদক, আলোকোৎপাদক এবং অশুদ্ধিগুলির বিষয় উল্লেখ কর।

3. **State the composition of coal-gas. What are the bye-products obtained during the manufacture of coal-gas ? What are their uses ?**

৩। কোল গ্যাসের উৎপাদনসমূহ তাহাদের পরিমাণসহ উল্লেখ কর। কোল গ্যাসের পণ্য–উৎপাদনে কোন্ কোন্ দ্রব্য উপজাত হিসাবে পাওয়া যায় এবং তাহাদের ব্যবহার কিভাবে হয় ?

4. **Name the products of destructive distillation of wood. What are the different products obtained by the fractional distillation of petroleum ? State the uses of these different products. What is 'cracking' ?**

৪। কাঠের অন্তর্ধূমপাতনে কি কি দ্রব্য পাওয়া যায় তাহা নাম কর। পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনদ্বারা কোন্ কোন্ দ্রব্য উৎপন্ন হয় ? এইভাবে উৎপন্ন পদার্থগুলির ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ। 'ফাটানো' বলিতে কি বুঝায় ?

মিথেন (Methane)

সংকেত CH_4 আণবিক ওজন 16 বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 8

জৈব যৌগের ভিতর সরলতম যৌগ হইল মিথেন। পেট্রোলিয়ামের খনি হইতে উৎপন্ন প্রাকৃতিক গ্যাসে (natural gas) প্রচুর পরিমাণে মিথেন বর্তমান থাকিতে দেখা যায়। জলা-জায়গায় বায়ুর অনুপস্থিতিতে উদ্ভিদের পচন ক্রিয়া হইতে মিথেন গ্যাস উৎপন্ন হয়; তাই ইহার আর এক নাম জলা-গ্যাস (Marsh-Gas)। পুকুরের পাঁকে বা বদ্ধ জলাভূমিতে (marshy pools) পায়ের চাপ দিয়া নাড়িলে অথবা দণ্ড দ্বারা আলোড়িত করিলে এই গ্যাস বুদবুদের আকারে বাহির হইয়া আসে। ইহার সহিত সামান্য ফস্‌ফিন মিশ্রিত থাকে তাই ইহা বাতাসের সংস্পর্শে মাঝে মাঝে জ্বলিয়া উঠে। দূর হইতে এই আলো অন্ধকার রাত্রিতে পথিককে দিগভ্রান্ত করে, তাই ইহাকে আলেয়ার আলো (will-o-the wisp) বলে। এই গ্যাস কয়লার খনিতেও পাওয়া যায়। কয়লার খনিতে এই সহজ দাহ্য গ্যাস মিথেন থাকার জন্যই মাঝে মাঝে ভয়ানক অগ্নিকাণ্ড হয়।

প্রস্তুত প্রণালী :—নির্জলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সহিত সোডালাইম (soda-lime) মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে মিথেন উৎপন্ন হয়।

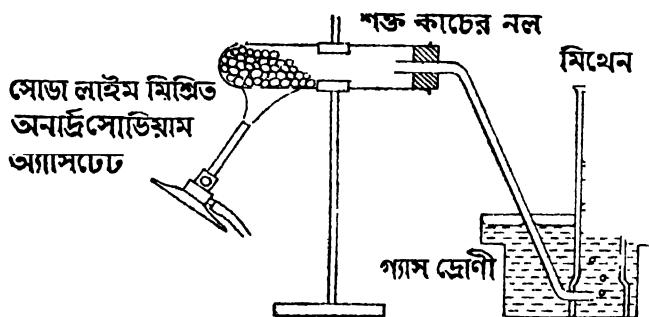
$$CH_3COONa + NaOH = CH_4 + Na_2CO_3$$

দ্রষ্টব্য :—(i) নির্জলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেট : সাধারণতঃ কেলাসিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটের প্রতি অণুতে তিন অণু কেলাসজল সংযুক্ত অবস্থায় থাকে; ইহার আণবিক সংকেত তাই $CH_3COONa + 3H_2O$। ইহাকে একটি পোর্সিলেন খর্পরে লইয়া খর্পরটিকে বালি গাহের উপর রাখিয়া উত্তপ্ত করা হয়; তাহাতে ইহার কেলাস জল উড়িয়া গিয়া ইহা নির্জলিত অবস্থা প্রাপ্ত হয় এবং গলিয়া যায়। উত্তপ্ত অবস্থার খর্পর সমেত সোডিয়াম অ্যাসিটেট শোষকাধারে রাখিয়া ঠাণ্ডা করা হয়। উৎপন্ন কঠিন পদার্থকে গুঁড়া করিয়া লওয়া হয়।

(ii) সোডালাইম প্রস্তুত করিতে পাথুরে চুনে (CaO) কষ্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করা হয়। ইহাতে পাথুরে চুন ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইডে পরিণত হয় (slaking of lime)। ইহার সহিত কষ্টিক সোডা মিশিয়া থাকে। এই চুনমিশ্রিত কষ্টিক সোডা ব্যবহার করায় মিশ্রণটি গলিয়া যায় না বা কাচ ক্ষয় করে না। সমীকরণে কষ্টিক সোডার সহিতই বিক্রিয়া দেখান হইয়াছে।

একভাগ নির্জলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটের সহিত চারভাগ সোডালাইম মিশাইয়া একটি কপারের ফ্লাস্কে অথবা শক্ত কাচের পরীক্ষা নলে লওয়া হয়। ফ্লাস্কের

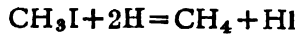
বা পরীক্ষা নলের মুখে একটি কর্ক লাগাইয়া উহার ভিতর দিয়া ছবিতে দেখান মত একটি নির্গমনল লাগানো হয়। ফ্লাস্কটিকে অথবা পরীক্ষানলকে একটি লৌহ দণ্ডে আটকাইয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উহার ভিতরের মিশ্রণটিকে তীব্রভাবে উত্তপ্ত

চিত্র নং—9

করা হয়। ইহাতে মিথেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন মিথেন গ্যাস দ্বারা পরীক্ষা নলের সমস্ত বায়ু বিতারিত হইলে জল অপসারণ প্রক্রিয়ায় গ্যাসজারে উহাকে সংগ্রহ করা হয়।

এইভাবে উৎপন্ন মিথেনে হাইড্রোজেন, ইথিলিন, অ্যাসিটিলিন ও জলীয় বাষ্প অশুদ্ধিরূপে থাকে। অ্যাসিটিলিনকে অ্যামোনিয়াতে কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রাবিত করিয়া সেই দ্রবণের ভিতর দিয়া উৎপন্ন গ্যাস চালনা করিয়া শোষিত করা হয়, ইথিলিন ও জলীয় বাষ্প ইহার পরে গ্যাসটিকে ধূমায়মান সলফিউরিক অ্যাসিডের (fuming sulphuric acid) ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া শোষিত করা হয়। কিন্তু হাইড্রোজেন অশুদ্ধি কোন কিছু দিয়া শোষিত করিয়া অপসারিত করা যায় না। তাই গ্যাসের সঙ্গে অতিরিক্ত অক্সিজেন যোগ করিয়া মিশ্রিত গ্যাসকে প্যালাডিয়াম-যুক্ত অ্যাসবেসটসের উপর দিয়া 1000° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় অতিক্রম করাইলে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। অতিরিক্ত অক্সিজেনকে ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেটের ভিতর দিয়া গ্যাস মিশ্রণটিকে চালনা করিয়া শোষিত করা হয়। পরে উক্ত মিশ্রণকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া শুষ্ক করিয়া বিশুদ্ধ মিথেনকে পারদের উপর পারদ অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

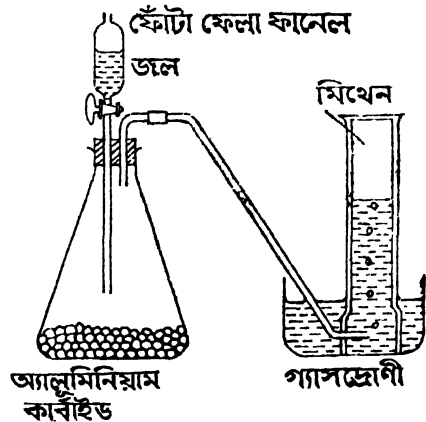
বিশুদ্ধ মিথেন ঃ—ইহা নানা বিক্রিয়া দ্বারা প্রস্তুত করা যায়। তাহার ভিতর নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলি উল্লেখযোগ্য—

(i) মিথাইল আয়োডাইড (CH_3I) ও জায়মান হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ মিথেন পাওয়া যায়। ইথাইল অ্যালকোহলের ভিতর মিথাইল আয়োডাইড লইয়া উহার ভিতর কপার ও জিঙ্কের যুগল (couple) যোগ করিয়া উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা উহাকে বিজারিত করা যায়।

$$CH_3I + 2H = CH_4 + HI$$

(ii) জিঙ্ক মিথাইলের উপর জল যোগ করিলে বিশুদ্ধ মিথেন পাওয়া যায় $Zn(CH_3)_2 + 2H_2O = Zn(OH)_2 + 2CH_4$.

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া গ্যাসটিকে শুষ্ক করা যায়।

(iii) অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের উপর সাধারণ উষ্ণতায় জলের বিক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ মিথেন পাওয়া যায়। $Al_4C_3 + 12H_2O = 3CH_4 + 4Al(OH)_3$.

একটি শঙ্কু ফ্লাস্কে অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের ডেলা লওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল ও একটি নির্গম নল লাগানো হয়। বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল অ্যালুমিনিয়াম কার্বাইডের উপর ফেলা হয়। মিথেন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গম-নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। যখন ফ্লাস্কের সমস্ত বায়ু মিথেন দ্বারা অপসারিত হয় তখন মিথেনকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া পারদের উপর পারদ অপসারণ পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র নং—10

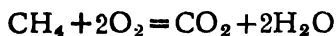
(iv) কার্বন মনোক্সাইড (অথবা ডাইঅক্সাইড) ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণকে সূক্ষ্ম বিজারণ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন নিকেলের উপর দিয়া 250° সেন্টিগ্রেড (অথবা 300° সেন্টিগ্রেড) উষ্ণতায় চালিত করিলে মিথেন উৎপন্ন হয়।

$$CO+3H_2 \rightleftharpoons CH_4+H_2O$$

এই উৎপন্ন মিথেনে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন মিশ্রিত থাকে। ইহাকে অ্যামোনিয়ায় কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া কার্বন মনোক্সাইড মুক্ত করা হয়। হাইড্রোজেন পূর্বে উল্লিখিত পদ্ধতি দ্বারা অপসারিত করা যায়। পরে ইহাকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া শুষ্ক করা হয়।

ধর্ম :—ভৌত ধর্ম : মিথেন একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা হালকা, বস্তুতঃ বায়ুর তুলনায় ইহার গ্যাসীয় ঘনত্ব প্রায় অর্দ্ধেক। ইহা জলে খুব সামান্য দ্রাব্য, অ্যালকোহলে ইহা কিছুটা দ্রাব্য। ইহাকে নিম্ন উষ্ণতায় ও চাপে তরলে পরিবর্তিত করা যায়।

রাসায়নিক ধর্ম :—ইহা দহনের সহায়ক নয়, কিন্তু নিজে দাহ্য। বায়ু বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ইহা ঈষৎ নীলাভ প্রায় অদৃশ্য শিখার সহিত জ্বলে এবং এই জ্বলনের ফলে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয়।

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$$

ইহা অক্সিজেন ও বায়ুর সহিত বিস্ফোরক মিশ্রণ (explosive mixture) সৃষ্টি করে। এক আয়তন মিথেন ও দুই আয়তন অক্সিজেন একটি শক্ত কাচের বোতলে ভাগ করিয়া মিশাইয়া অগ্নিসংযোগ করিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়।

মিথেন পরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন। সেই কারণে ইহার রাসায়নিক নিষ্ক্রিয়তা বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। ইহা অতিশয় সুস্থিত (stable) যৌগ। ইহা সাধারণভাবে কোন অ্যাসিড, ক্ষার ও অধিকাংশ বিকারক-জারক বা বিজারক—দ্বারা আক্রান্ত হয় না। এই গোষ্ঠীর অন্যান্য যৌগের ধর্মও একই প্রকার। তাই এই গোষ্ঠীকে প্যারাফিন (paraffin, *Parum*—little, *affinis*—affinity) বলা হইয়াছে।

এই গ্যাস ক্লোরিণ ও ব্রোমিনের সহিত কতকগুলি সর্তে বিক্রিয়া করিয়া থাকে। সাধারণ উষ্ণতায় অন্ধকারে মিথেন ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়া করে না। কিন্তু মিথেন ও ক্লোরিণের মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে অথবা উক্ত মিশ্রণকে সরাসরি প্রখর সূর্যালোকে রাখিলে ইহা বিস্ফোরণ সহকারে বিক্রিয়া করে—এবং হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ও কার্বন উৎপন্ন হয়। তাই যে পাত্রে (গ্যাসজারে)

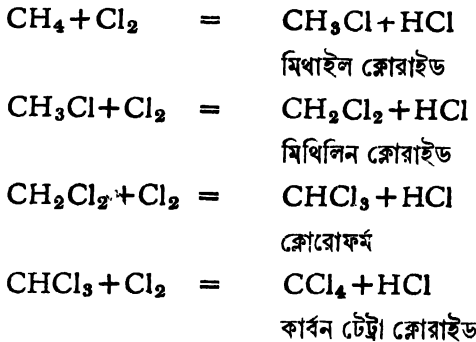
এই বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাহা সাদা ধোঁয়ায় পূর্ণ হয় এবং তাহার গায়ে কালো কার্বন চূর্ণ লাগিয়া যায়। $CH_4+2Cl_2=C+4HCl$.

কিন্তু মিথেন ক্লোরিণের মিশ্রণকে বিক্ষিপ্ত (diffused) সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে মিথেনের অণুর হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি একে একে ক্লোরিণ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এই বিক্রিয়াকে **প্রতিস্থাপন-বিক্রিয়া** (substitution reaction) বলে।

$$CH_4+Cl_2 = CH_3Cl+HCl$$
মিথাইল ক্লোরাইড

$$CH_3Cl+Cl_2 = CH_2Cl_2+HCl$$
মিথিলিন ক্লোরাইড

$$CH_2Cl_2+Cl_2 = CHCl_3+HCl$$
ক্লোরোফর্ম

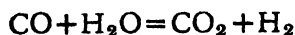
$$CHCl_3+Cl_2 = CCl_4+HCl$$
কার্বন টেট্রা ক্লোরাইড

ব্রোমিনের বেলাতেও প্রতিস্থাপন-বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে, কিন্তু তাহা আরও ধীরে ধীরে নিষ্পন্ন হয়। কিন্তু আয়োডিনের বেলায় এই বিক্রিয়া মোটেই সংঘটিত হয় না।

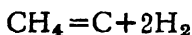
কয়লা খনিতে বিস্ফোরণ:—খনিজ কয়লা ও মিথেন এই দুইটি পদার্থই উদ্ভিদের উপাদানগুলির বিয়োজন হইতে উৎপন্ন হয়। মিথেন উৎপন্ন হইবার সময় উৎপন্ন কয়লার ফাঁকে ফাঁকে থাকিয়া যায়। কয়লার খনিতে কয়লা কাটিয়া বাহির করিবার সময় মিথেন উহার ফাঁক হইতে বাহির হইয়া বায়ুর সহিত মিশিয়া বিস্ফোরক মিশ্রণ উৎপন্ন করে। এই মিশ্রণ খনিতে খনকেরা (miners) পূর্বে যে আলো ব্যবহার করিত তাহার শিখার সংস্পর্শে আসিয়া বিস্ফোরণ ঘটাইত এবং খনির ভিতরটায় যেখানে বিস্ফোরণ ঘটিত সেখানে ও তাহার পার্শ্ববর্তী জায়গায় বায়ুর সমস্ত অক্সিজেন অপসারিত হইয়া তাহার পরিবর্তে কার্বন ডাই-অক্সাইড দ্বারা ভর্তি হইয়া যাইত। সেইজন্য কতক খনক বিস্ফোরণে এবং কতক কার্বন ডাই-অক্সাইডে দম আটকাইয়া মারা যাইত। তাই খনকেরা মিথেনকে *fire damp* বলে এবং উৎপন্ন কার্বন ডাই-অক্সাইডকে *Choke*

damp বলে। বৈজ্ঞানিক ডেভি (Davy) খনিতে নিরাপত্তার জন্য একটি বিশেষ ধরণের নিরাপত্তা আলো (Safety lamp) উদ্ভাবিত করেন। এখন খনিতে বৈদ্যুতিক-বাতি ব্যবহার করিয়া খনিতে এইভাবের বিস্ফোরণ নিবারিত হইয়াছে।

ব্যবহার ঃ—মিথেন ও ষ্টীমের মিশ্রণকে 800° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার অপেক্ষা উচ্চ উষ্ণতায় নিকেল অনুঘটকের উপর দিয়া চালনা করিলে উহা হইতে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। $CH_4+H_2O=CO+3H_2$.

এই কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণের সহিত ষ্টীম মিশাইয়া 550° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ফেরিক অক্সাইড অনুঘটক ও ক্রোমিয়াম অক্সাইড উদ্দীপকের (promter) উপর দিয়া চালনা করিলে আরও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$CO+H_2O=CO_2+H_2$$

মিথেনের তাপ-বিয়োজনেও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় এবং অতি সূক্ষ্ম কার্বন পড়িয়া থাকে।

$$CH_4=C+2H_2$$

এইভাবে উৎপন্ন কার্বনকে কার্বন-ব্ল্যাক (carbon-black) বলে।

সুতরাং হাইড্রোজেনের পণ্যোৎপাদনে মিথেন ব্যবহৃত হয়।

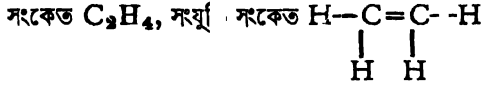
মিথেন জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়; ইহার এক ঘন ফুট পোড়াইলে 1000 ব্রিটিশ থার্ম্যাল একক (British Thermal Unit, B. T. U.) তাপ উৎপন্ন হয়। প্রাকৃতিক গ্যাসে যথেষ্ট পরিমাণে মিথেন থাকে বলিয়া উহা জ্বালানিরূপে ব্যবহার করা হইয়া থাকে। মিথেনের তাপবিয়োজনে কার্বন-ব্ল্যাক উৎপন্ন হয়; তাই আমেরিকায় প্রাকৃতিক গ্যাসের তাপবিয়োজন দ্বারা কার্বন-ব্ল্যাক-উৎপাদন করিয়া উহা মোটর গাড়ীর চাকায়, ছাপিবার কালি তৈয়ারীতে, গ্রামোফোনের রেকর্ড প্রস্তুতে, টাইপ মেসিনের ফিতাতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

কোনও গ্যাসীয় পদার্থে মিথেন আছে কিনা দেখিতে হইলে উক্ত গ্যাসীয় পদার্থের সহিত ওজোন মিশ্রিত অক্সিজেন (ozonised oxygen) মেশান হয়; তাহাতে যদি ফর্ম্যালডিহাইডের ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায় এবং অতি অল্প পরিমাণে উৎপন্ন ফরম্যালডিহাইড স্ক্রিভারের রংএর পরীক্ষা (Schryver's Colour test) দ্বারা চিনিয়া লওয়া যায়, তবে মিথেনের উপস্থিতি প্রমাণ করা যায়।

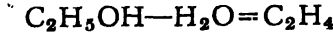
$$CH_4+2O_3=HCHO+H_2O+2O_2.$$

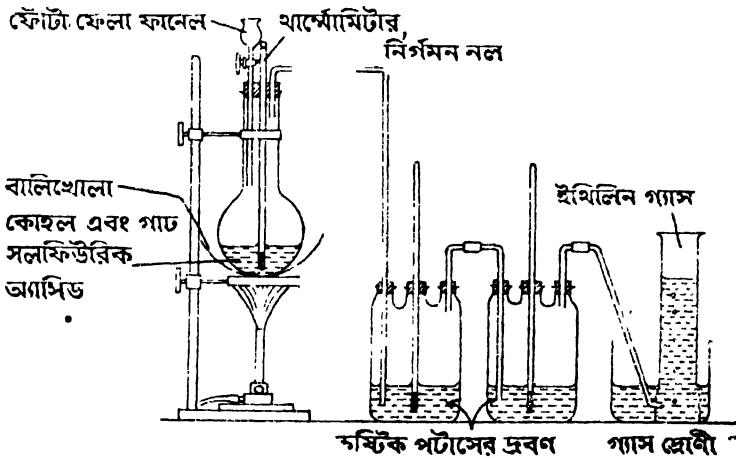
ইথিলিন (Ethylene)
বা অলিফিয়েণ্ট গ্যাস (Olefiant gas)

সংকেত C_2H_4, সংযুৃ সংকেত H—C=C—H (প্রতিটি C-এর নিচে H)

আণবিক ওজন 28, বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 14

ইথিলিন পেট্রোলিয়াম খনি হইতে প্রাপ্ত প্রাকৃতিক গ্যাসে ও কোল গ্যাসে সামান্য পরিমাণে পাওয়া যায়।

প্রস্তুত প্রণালী :—ইথাইল অ্যালকোহল হইতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড অথবা ফস্‌ফোরিক অ্যাসিডের সাহায্যে জলের উপাদান (এক পরমাণু অক্সিজেন ও দুই পরমাণু হাইড্রোজেন অপসারিত করিয়া ইথিলিন প্রস্তুত করা হয়।

$$C_2H_5OH-H_2O=C_2H_4$$

একটি ফ্লাস্কের ভিতর একভাগ ইথাইল অ্যালকোহল ও চারভাগ গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লওয়া হয়। উহার ভিতর কাচের ছোট ছোট

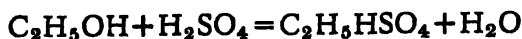
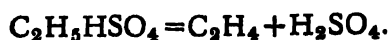
চিত্র নং—11

গোলক অথবা ভাঙ্গা কাচের টুকরা যোগ করিয়া লওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া কর্কের ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল, একটি থার্মোমিটার ও

একটি নির্গম নল লাগানো হয়। থার্মোমিটারের কুণ্ডটি তরল মিশ্রণের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয়। নির্গম নলটিকে একটি সমকোণে বাঁকানো বড় কাচনলের সহিত সংযুক্ত করিয়া সেই বড় কাচনল একটি কষ্টিক পটাসের দ্রবণযুক্ত উলফের বোতলে কষ্টিক পটাসের দ্রবণে ডুবাইয়া দেওয়া হয়। এই ভাবে প্রথম উলফের বোতল হইতে আর একটি উল্‌ফের বোতলে কষ্টিক পটাসের দ্রবণ লইয়া তাহার ভিতর দিয়া গ্যাস পরিচালনা করিবার ব্যবস্থা করা হয়। শেষ নির্গম নল গ্যাসদ্রোণীতে জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয় এবং জলভর্তি গ্যাসজার তাহার পাশে জলের ভিতর উপুর করিয়া রাখা হয়। ফোঁটা ফেলা ফানেলে সম আয়তনের গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণ লওয়া হয়। মিশ্রণসমেত ফ্লাস্কটিকে একটি বালিগাহের উপর রাখিয়া 160°—170° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। কাচের গোলক অথবা ভাঙ্গা কাচের টুকরা মিশ্রণটির উথলানো (frothing) বন্ধ করে। 170° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আসিলে মিশ্রণটি হইতে ইথিলিন গ্যাস বাহির হইতে থাকে। প্রথমে যন্ত্রের সমস্ত বায়ু ইথিলিন দিয়া অপসারিত করা হয় এবং পরে নির্গম নলের শেষ প্রান্ত জলভর্তি গ্যাসজারের নীচে লাগাইয়া জল অপসারণ দ্বারা ইথিলিন গ্যাস সংগ্রহ করা হয়। বিক্রিয়ার ধারা অব্যাহত রাখার জন্য বিন্দুপাতন ফানেল হইতে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ও অ্যালকোহলের মিশ্রণ ফোঁটা ফোঁটা করিয়া উত্তপ্ত মিশ্রণের উপর ফেলা হয়; ইহাতে সহজেই আরও ইথিলিন গ্যাস পাওয়া যায়। এইভাবে উৎপন্ন ইথিলিনে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও সলফার ডাই-অক্সাইড (সলফিউরিক অ্যাসিডের বিয়োজনে উৎপন্ন) অশুদ্ধি মিশ্রিত থাকে। তাই এই গ্যাসকে ধৌত বোতলে কষ্টিক পটাসের দ্রবণের ভিতর দিয়া লওয়া হয় এবং পরে জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। শুষ্ক গ্যাস প্রয়োজন হইলে উৎপন্ন ও বিশুদ্ধীকৃত গ্যাসকে একটি গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড-পূর্ণ (fused $CaCl_2$) স্তম্ভের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া মার্কারীর অপভ্রংশ দ্বারা মার্কারীর উপর সংগ্রহ করা হয়। $C_2H_5OH+[H_2SO_4]=C_2H_4+[H_2SO_4+H_2O]$

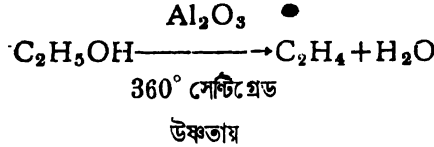
বিক্রিয়াটি দুই ধাপে নিষ্পন্ন হইয়া থাকে:

$$C_2H_5OH+H_2SO_4=C_2H_5HSO_4+H_2O$$

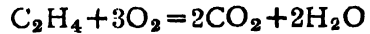
ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট

$$C_2H_5HSO_4=C_2H_4+H_2SO_4.$$

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে ফস্‌ফোরিক অ্যাসিড অথবা ফস্‌ফোরাস্ পেণ্ট-অক্সাইড ব্যবহার করা যায় এবং তাহাতে বিশুদ্ধতর ইথিলিন পাওয়া যায়।

ইথিলিনের পণ্য উৎপাদনের জন্য আজকাল উত্তপ্ত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড অনুঘটকের উপর দিয়া ইথাইল অ্যালকোহলের বাষ্প পরিচালিত করা হয় এবং তাহাতে প্রচুর ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5OH \xrightarrow[\text{360° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায়}]{Al_2O_3} C_2H_4 + H_2O$$

পেট্রোলিয়ামের আংশিক পাতনে উৎপন্ন বৃহৎ-অণু বিশিষ্ট হাইড্রোকার্বনের cracking-এর সময় যথেষ্ট ইথিলিন উৎপন্ন হয়।

ধর্ম ঃ—ভৌত ধর্ম ঃ—ইথিলিন একটি বর্ণহীন ঈষৎ-মিষ্ট গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা প্রায় বায়ুর সমান ভারী। ইহা জলে অতি সামান্য দ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহলে বেশী দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ—ইথিলিন দহনের সহায়ক নহে, কিন্তু ইহা নিজে দাহ্য। বায়ুর বা অক্সিজেনের উপস্থিতিতে ইহা প্রদীপ্ত শিখার সহিত জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপাদন করে। $C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$ কোল-গ্যাসে ইথিলিন থাকে বলিয়া উহা আলোক-উৎপাদন করিতে পারে। এক আয়তন ইথিলিনের সহিত তিন আয়তন অক্সিজেন মিশাইয়া অগ্নি-সংযোগ করিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়।

ইথিলিন অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন। ইহার অণুতে অবস্থিত দুইটি কার্বন পরমাণু দ্বি-বন্ধ (double bond) দ্বারা যুক্ত থাকে, তাই ইহা অত্যন্ত ক্রিয়াশীল হয়। দুইটি বিক্রিয়াশীল একযোজী পরমাণু বা মূলকের সংস্পর্শে আসিলে ইহার দ্বি-বন্ধ খুলিয়া যায় এবং প্রত্যেক বন্ধনীতে একটি করিয়া একযোজী পরমাণু যুক্ত হইয়া যুতযৌগ (additive compound) গঠন করে। এই বিক্রিয়াকে **যোগশীল বিক্রিয়া** (additive reaction) বলে। নিম্নে ইথিলিনের এইপ্রকার বিক্রিয়ার উদাহরণ দেওয়া হইল: (i) ক্লোরিণের সহিত ইথিলিন যুক্ত হইয়া ইথিলিন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি সূর্যালোকে সংঘটিত হয়: C_2H_4

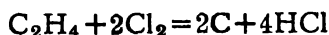
$+Cl_2 = C_2H_4Cl_2$। ইথিলিন ক্লোরাইড একটি তৈলের মত তরল পদার্থ। ইহাকে Dutch oil বা Dutch liquid বলে। সেইজন্য ইথিলিনকে প্রথমে অলিফিয়েণ্ট (olefiant) অথবা তৈল উৎপাদনকারী গ্যাস বলা হইয়াছিল।

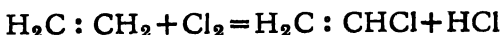
অনুরূপভাবে ব্রোমিনের সহিত ইথিলিনের বিক্রিয়ার ফলে ইথিলিন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় :

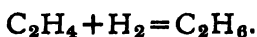
$$\begin{matrix} H-C=C-H \\ \;\;\;|\;\;\;\;| \\ \;\;\;H\;\;\;H \end{matrix} \quad + \quad Br_2 \quad = \quad \begin{matrix} \;\;\;Br\;\;Br \\ \;\;\;|\;\;\;\;| \\ H-C-C-H \\ \;\;\;|\;\;\;\;| \\ \;\;\;H\;\;\;H \end{matrix}$$

ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইড

কিন্তু ইথিলিনের সহিত উহার দ্বিগুণ আয়তনের ক্লোরিণ মিশাইয়া মিশ্রণে অগ্নিসংযোগ করিলে ইহা লাল শিখার সহিত জ্বলে এবং হাইড্রোজেন-ক্লোরাইড ও ভূসার আকারে কার্বন উৎপন্ন করে।

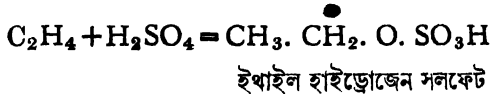
$$C_2H_4 + 2Cl_2 = 2C + 4HCl$$

ক্লোরিণের সহিত ইথিলিন মিশাইয়া মিশ্রণকে $350° - 450°$ সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে ভাইনিল ক্লোরাইড (vinyl chloride) উৎপন্ন হয়। ভাইনিল ক্লোরাইড হইতে ভাইনিল রেজিন (resins) প্রস্তুত করা হয়।

$$H_2C : CH_2 + Cl_2 = H_2C : CHCl + HCl$$

অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত নিকেলের উপর দিয়া $150°$ সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইথিলিন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ চালনা করিলে ইথেন উৎপন্ন হয়। প্লাটিনাম বা প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপস্থিতিতে এই বিক্রিয়া সাধারণ উষ্ণতাতেই ঘটিয়া থাকে।

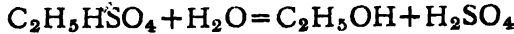
$$C_2H_4 + H_2 = C_2H_6.$$

ইথিলিন হ্যালোজেনের হাইড্র্যাসিডগুলির গাঢ় জলীয় দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যালকাইল (alkyl) হ্যালাইড গঠন করে। হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিডের দ্রবণের সহিত ইহা বিশেষভাবে বিক্রিয়াশীল, কিন্তু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত কম বিক্রিয়াশীল। কিন্তু বিসমাথ ট্রাইক্লোরাইডের উপস্থিতি হাইড্রোক্লোরিক-অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করে।

$$C_2H_4 + HI = C_2H_5I$$

গাঢ় সলফিউরিক-অ্যাসিড উচ্চচাপে 85° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইথিলিন শোষণ করে এবং তাহাতে ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট উৎপন্ন হয়। এই বিক্রিয়া ঘটে বলিয়াই ইথিলিন ও ইহার সমগোত্রীয় যৌগগুলি (Homologues) গাঢ় সলফিউরিক-অ্যাসিডের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া অন্য যে সমস্ত হাইড্রোকার্বন সলফিউরিক-অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না তাহাদের হইতে পৃথক করা যায়।

$$C_2H_4 + H_2SO_4 = CH_3.\ CH_2.\ O.\ SO_3H$$

ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট

ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেটকে শতকরা 50 ভাগ সলফিউরিক-অ্যাসিডযুক্ত জলদ্বারা ফুটাইয়া আর্দ্রবিশ্লেষিত করা যায় এবং তাহাতে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় ও সামান্য ইথার পাওয়া যায়।

$$C_2H_5HSO_4 + H_2O = C_2H_5OH + H_2SO_4$$

আমেরিকায় স্বাভাবিক গ্যাসে (natural gas) যে ইথিলিন থাকে তাহা হইতে এই উপায়ে অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। হাইপোক্লোরাস্ অ্যাসিডের সহিত ইহা সংযুক্ত হইয়া বর্ণহীন তরল পদার্থ ইথিলিন ক্লোরহাইড্রিন গঠিত করে।

$$C_2H_4 + HClO = C_2H_4(OH)Cl$$

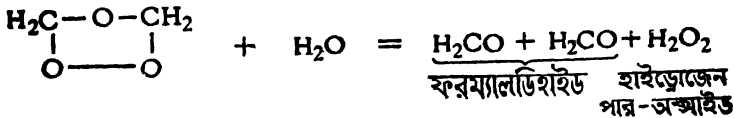
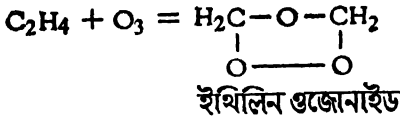
ইথিলিন ক্লোরহাইড্রিন।

ওজোনের সহিত ইথিলিন সংযুক্ত হইয়া ইথিলিন ওজোনাইড নামক পদার্থ গঠন করে। এই ইথিলিন ওজোনাইডকে পাতলা অ্যাসিড অথবা জলের সহিত

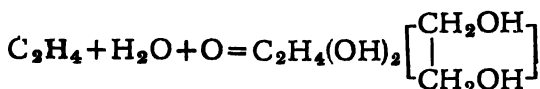
$$C_2H_4 + O_3 = \begin{matrix} H_2C - O - CH_2 \\ | \qquad\quad | \\ O \text{------} O \end{matrix}$$

ইথিলিন ওজোনাইড

$$\begin{matrix} H_2C - O - CH_2 \\ | \qquad\quad | \\ O \text{------} O \end{matrix} + H_2O = H_2CO + H_2CO + H_2O_2$$

ফরম্যালডিহাইড হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড

সামান্য উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ফারম্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। পরে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ফরম্যালডিহাইডকে ফরমিক অ্যাসিডে জারিত করে।

পাতলা ক্ষারীয় পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের দ্বারা শীতল অবস্থায় ইথিলিন জারিত হইয়া গ্লাইকলে পরিণত হয়।

$$C_2H_4 + H_2O + O = C_2H_4(OH)_2 \begin{bmatrix} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH \end{bmatrix}$$

গ্লাইকল

ইহাতে পারম্যাঙ্গানেটের বর্ণ জ্বলিয়া যায়। ইহাকে অপরিপৃক্ততার Baeyer's **test** বলে।

শোষক :—গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড এবং ব্রোমিন দ্বারা ইথিলিন শোষিত করা যায়।

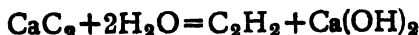
ব্যবহার :—ইথিলিন অ্যালকোহলের পণ্য-উৎপাদনে এবং ফল অনেকদিন ধরিয়া রক্ষা করিতে এবং কাঁচা ফল পাকাইতে ব্যবহৃত হয়। ইহার প্রয়োগে আলুর বৃদ্ধি ঘটিয়া থাকে। ডাক্তারীতে ইহা শতকরা 20 ভাগ অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া চেতনানাশকরূপে (anaesthetic) ব্যবহৃত হয়। মসটার্ড গ্যাস (Mustard gas) উৎপাদনেও ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহাকে ইথিলিন ক্লোরাইডে পরিণত করিয়া সোডিয়াম পলিসলফাইডের (Na_2S_4) সহিত বিক্রিয়া করাইয়া কৃত্রিম রবার উৎপন্ন করা হয়। পলিথিন (polythene) নামক প্লাষ্টিক প্রস্তুতেও ইথিলিনের ব্যবহার হইয়া থাকে।

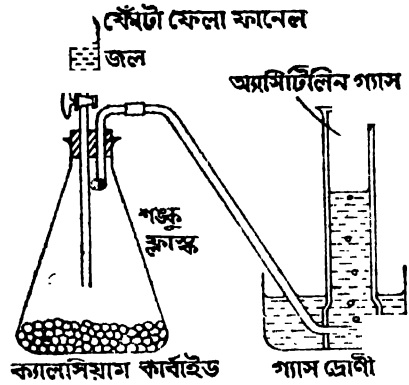
অ্যাসিটিলিন (Acetylene)

সংকেত C_2H_2, সংযুক্তি সংকেত $H-C \equiv C-H$, আণবিক ওজন 26, বাষ্পীয় ঘনাঙ্ক 13

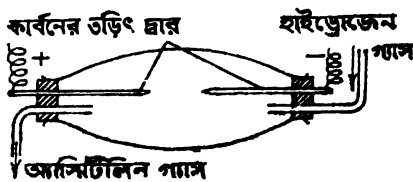
প্রকৃতিতে কোথাও অ্যাসিটিলিন পাওয়া যায় না। কোলগ্যাসে অতি সামান্য পরিমাণ অ্যাসিটিলিন থাকে।

প্রস্তুত প্রণালী :—সাধারণ উষ্ণতায় ক্যালসিয়াম কার্বাইডের উপর জল যোগ করিয়া অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করা হয় :

$$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

একটি শুষ্ক শঙ্কু ফ্লাস্কে কিছু বালি রাখিয়া তাহার উপর ক্যালসিয়াম

কার্বাইডের ডেলা লওয়া হয়। ফ্লাস্কের মুখে একটি কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল ও একটি নির্গম নল লাগানো হয়। বিন্দু-পাতন ফানেলে জল লওয়া হয়। নির্গম নলটি গ্যাস দ্রোণীস্থিত জলের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয় এবং তাহার পাশে একটি জলভর্তি গ্যাসজার জলের ভিতর উপুড় করিয়া ডোবান অবস্থায় থাকে। বিন্দুপাতন ফানেল হইতে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া জল কার্বাইডের উপর ফেলা মাত্র অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হয়। প্রথমে যন্ত্রটি হইতে অ্যাসিটিলিন গ্যাসের প্রবাহ দ্বারা বায়ু অপসারিত করা হয় এবং পরে নির্গম নলটি গ্যাসজারের তলায় লাগাইয়া জল অপসারণ পদ্ধতিতে গ্যাসটি সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র নং—12

এইভাবে উৎপন্ন অ্যাসিটিলিনে ফস্‌ফিন্ (PH_3), আরসিন্ (AsH_3), অ্যামোনিয়া ও সলফারের যৌগ থাকে। সেইজন্যই কার্বাইডের আলো উৎপাদনের বার্নার (burner) হইতে দুর্গন্ধ বাহির হয়। ইহাকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাইতে হইলে প্রথমে সলফিউরিক অ্যাসিড মিশ্রিত কপার সলফেটের দ্রবণের ভিতর দিয়া ইহাকে অতিক্রম করাইয়া পরে পর পর ব্লিচিং পাউডার ও ফসফোরাস পেণ্ট-অক্সাইডযুক্ত নলের ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হয়।

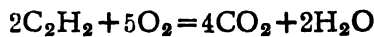
হাইড্রোজেন ও কার্বনের ভিতর প্রত্যক্ষ সংযোগ ঘটাইয়াও এই গ্যাস প্রস্তুত করা যায়। এইজন্য একটি মধ্যস্থলে স্ফীতিবিশিষ্ট-কাচের গোলকের দুই প্রান্ত দিয়া সংযুক্ত ছবিতে দেখান মত দুইটি গ্যাস কার্বনের তড়িৎ দ্বার লাগান হয়। তড়িৎ দ্বার দুইটির নীচে দিয়া কর্কের মধ্যে দুইটি এক সমকোণে বাঁকানো কাচনল লাগানো হয়। একটি নলের সাহায্যে কাচের গোলকের ভিতর হাইড্রোজেন গ্যাসের প্রবাহ চালনা করা হয় এবং অপসারিত বায়ু তড়িৎদ্বারের মধ্যে

চিত্র নং—13

তড়িৎমোক্ষণ দ্বারা তড়িৎ-আর্কের (electric arc) সৃষ্টি করা হয়। এইভাবে কার্বন ও হাইড্রোজেনের ভিতর বিক্রিয়ার ফলে অ্যাসিটিলিন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং উহা অন্য নল দিয়া বাহির হইয়া আসে। $2C+H_2=C_2H_2$.

বুনসেন দীপশিখার পশ্চাদপসরণের (striking back) সময় দীপে ব্যবহৃত গ্যাসের হাইড্রোকার্বন কম বায়ুতে দহনের ফলে ভাঙিয়া যাইয়া অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করে। তাই দীপ হইতে উদ্ভূত গ্যাসে অ্যাসিটিলিনের গন্ধ পাওয়া যায়।

ধর্ম : ভৌতধর্ম : অ্যাসিটিলিন একটি বর্ণহীন গ্যাস। বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিনের একটি মিষ্ট গন্ধ আছে। কিন্তু সাধারণ অ্যাসিটিলিনের সঙ্গে নানাপ্রকার অপদ্রব্য, যথা, ফসফিন, সলফারের যৌগ প্রভৃতি মিশ্রিত থাকায় উহা একটু দুর্গন্ধযুক্ত, (রসুনের ন্যায় গন্ধযুক্ত) হয়। ইহা বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্‌কা। ইহা জলে বেশ দ্রাব্য, কিন্তু দ্রবণের কোন আম্লিক বা ক্ষারকীয় ধর্ম দেখা যায় না। অ্যাসিটোনে ইহা অত্যন্ত দ্রাব্য, অ্যালকোহলেও ইহা বেশ দ্রবণীয়। চাপ প্রয়োগে সহজেই অ্যাসিটিলিনকে তরলে রূপান্তরিত করা যায়, কিন্তু তরল অ্যাসিটিলিন অতিশয় বিস্ফোরক। সেইজন্য উচ্চচাপে ষ্টীলের চোঙে অ্যাসিটোন দ্রাবকে ইহাকে দ্রবীভূত করা হয় এবং সেই অবস্থায় শিল্প প্রয়োজনে ব্যবহারের উদ্দেশ্যে চোঙে করিয়া চালান দেওয়া হয় ("অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা" উৎপাদনে এই অ্যাসিটিলিন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।)

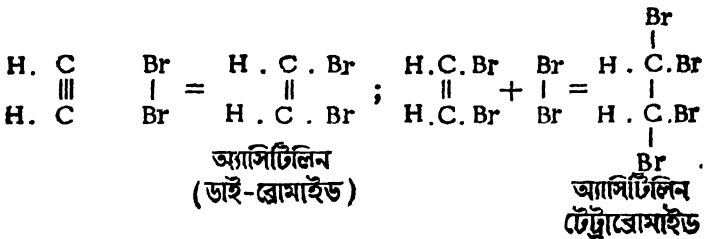
রাসায়নিক ধর্ম :—বায়ুর সংস্পর্শে ইহাকে প্রজ্বলিত করিলে ইহা খুব দীপ্ত ও ধোঁয়াটে শিখার সহিত জ্বলিয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে।

$$2C_2H_2+5O_2=4CO_2+2H_2O$$

অ্যাসিটিলিনের সহিত উহার আয়তনের আড়াই গুণ আয়তন অক্সিজেন মিশাইয়া অগ্নিসংযোগ করিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। "অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা" উৎপাদনে দুইটি পৃথক নল দিয়া অক্সিজেন ও অ্যাসিটিলিন আনিয়া নল দুইটির সহিত সংযুক্ত একটি নলের ভিতর তাহাদের মিশাইয়া জ্বালিয়া দেওয়া হয় এবং তাহাতে যে শিখা উৎপন্ন হয় তাহার উষ্ণতা প্রায় 3,500° সেণ্টিগ্রেড হয়। "রসায়নের

গোড়ার কথা” প্রথম ভাগ, চতুর্থ সংস্করণ, পৃঃ 65তে অক্সিহাইড্রোজেন শিখা উৎপাদনের জন্য যে যন্ত্র দেখান হইয়াছে সেই প্রকার যন্ত্র অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা উৎপাদনেও ব্যবহৃত হয়। ধাতু গলানোর জন্য অথবা দুইটি ধাতুর টুকরা জোড়া লাগানোর (welding) জন্য এই শিখা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। মোটর গাড়ীর ক্ষয়িত অংশ সারাইতে দুইখণ্ড ষ্টীল এই অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখার সাহায্যে গলাইয়া জোড়া দেওয়া হয়। কিন্তু ছুঁচোলো ছিদ্রবিশিষ্ট বার্ণারে অ্যাসিটিলিন গ্যাস জ্বালাইলে বৃহৎ উজ্জ্বল ধোঁয়াহীন আলোকশিখা পাওয়া যায়। পাড়াগাঁয়ে যেখানে ইলেকট্রিক আলো নাই সেখানে উৎসবে এইরূপ আলো ব্যবহার করা হয়।

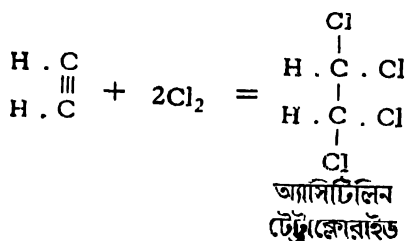
অ্যাসিটিলিনও একটি বিশেষভাবে অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন, ইহা ইথিলিন অপেক্ষা আরও বেশী অপরিপৃক্ত ; ইহাতে দুইটি কার্বন পরমাণু ত্রিবন্ধ (triple bond) দ্বারা সংযুক্ত। এইজন্য ইহা খুবই অস্থায়ী, এমন কি ইহা একটি গ্যাসজারে লইয়া তাহার বাহিরে মার্কারী ফালমিনেট (mercury fulminate) ঘা মারিয়া ফাটাইলে অ্যাসিটিলিন ভাঙ্গিয়া ভুসার আকারে কার্বন বাহির হইয়া আসে। অপরিপৃক্ততার জন্য ইহা অত্যধিক সক্রিয়। ইহা হাইড্রোজেন, ক্লোরিণ, ব্রোমিন, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড, হাইড্রিয়ডিক অ্যাসিড, সলফিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতির সহিত সহজেই সংযুক্ত হইয়া যুত যৌগ গঠন করে। এইভাবে যুত যৌগ গঠন করিবার সময় প্রথমে দুইটি এবং পরে আরও দুইটি (মোট চারিটি) যোজক মুক্ত (open) হইয়া যায় এবং রাসায়নিক সংযোগে অংশ গ্রহণ করে। অধিকাংশ স্থলেই এই ধরণের বিক্রিয়াগুলি দুই ধাপে সংঘটিত হয়।

$$\begin{array}{c} H.C \\ ||| \\ H.C \end{array} \; \begin{array}{c} Br \\ | \\ Br \end{array} = \begin{array}{c} H.C.Br \\ || \\ H.C.Br \end{array} \;;\; \begin{array}{c} H.C.Br \\ || \\ H.C.Br \end{array} + \begin{array}{c} Br \\ | \\ Br \end{array} = \begin{array}{c} Br \\ | \\ H.C.Br \\ | \\ H.C.Br \\ | \\ Br \end{array}.$$

অ্যাসিটিলিন (ডাই-ব্রোমাইড)　　　　অ্যাসিটিলিন টেট্রাব্রোমাইড

অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে ক্লোরিণ গ্যাসের ভিতর চালনা করিলে উহাদের বিক্রিয়া

অত্যন্ত দ্রুততার সঙ্গে সম্পাদিত হওয়ায় অ্যাসিটিলিন ধোঁয়াযুক্ত শিখার সহিত জ্বলিয়া উঠে এবং ভূসা উৎপন্ন হয়। $C_2H_2 + Cl_2 = 2C + 2HCl$.

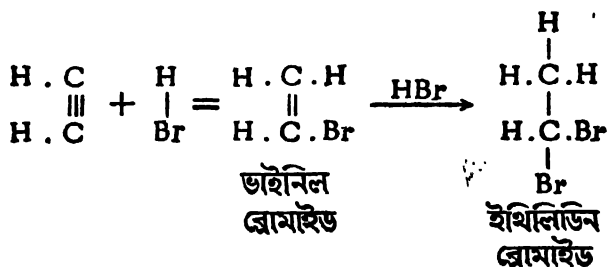
কিন্তু যদি অ্যাসিটিলিন গ্যাসকে সলফার মনোক্লোরাইডে (S_2Cl_2) দ্রাবিত করিয়া বিজারিত লৌহের উপস্থিতিতে উক্ত দ্রবণের ভিতর পরিমিত ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা যায় তাহা হইলে ক্লোরিণ ধীরে ধীরে অ্যাসিটিলিনের সহিত যুক্ত হইয়া অ্যাসিটিলিন টেট্রাক্লোরাইড, $C_2H_2Cl_4$, গঠিত করে।

$$\begin{matrix} H . C \\ \equiv \\ H . C \end{matrix} + 2Cl_2 = \begin{matrix} Cl \\ | \\ H . C . Cl \\ | \\ H . C . Cl \\ | \\ Cl \end{matrix}$$

অ্যাসিটিলিন
টেট্রাক্লোরাইড

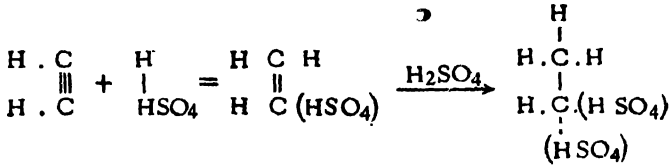
অ্যাসিটিলিনকে হাইড্রোজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া নিকেল, প্লাটিনাম ব্ল্যাক (platinum black) অথবা প্যালাডিয়াম অনুঘটকের উপর দিয়া চালনা করা হয় তাহা হইলে প্রথমে ইথিলিন এবং পরে ইথেন উৎপন্ন হয়।

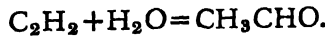
সেইরূপ হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড অ্যাসিটিলিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া প্রথমে ভাইনিল ব্রোমাইড এবং পরে ইথিলিডিন ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।

$$\begin{matrix} H . C \\ \equiv \\ H . C \end{matrix} + \begin{matrix} H \\ | \\ Br \end{matrix} = \begin{matrix} H . C . H \\ \| \\ H . C . Br \end{matrix} \xrightarrow{HBr} \begin{matrix} H \\ | \\ H.C.H \\ | \\ H.C.Br \\ | \\ Br \end{matrix}$$

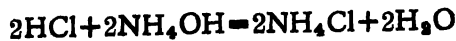
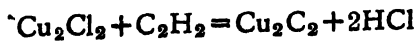
ভাইনিল ব্রোমাইড   ইথিলিডিন ব্রোমাইড

সেইরূপ সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটিলিন প্রথমে

$C_2H_3(HSO_4)$ এবং পরে ইথাইল ডাই-হাইড্রোজেন সলফেট $C_2H_4(HSO_4)_2$ উৎপন্ন করে।

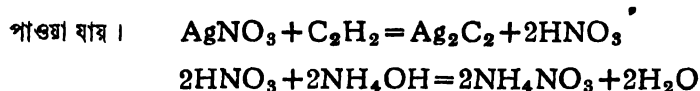
$$\begin{matrix} H.C \\ ||| \\ H.C \end{matrix} + \begin{matrix} H \\ | \\ HSO_4 \end{matrix} = \begin{matrix} H\ C\ H \\ \| \\ H\ C\,(HSO_4) \end{matrix} \xrightarrow{H_2SO_4} \begin{matrix} H \\ | \\ H.C.H \\ | \\ H.C.(H\,SO_4) \\ | \\ (H\,SO_4) \end{matrix}$$

কিন্তু 20% সলফিউরিক অ্যাসিডের দ্রবণে মার্কিউরিক অক্সাইড যোগ করিয়া (যাহাতে 1% মার্কিউরিক সলফেট দ্রবণে উৎপন্ন হয় এইরূপ পরিমাণ) দ্রবণটিকে 80° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস উক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে অ্যাসিট্যাল্ডিহাইড গঠিত হয়।

$$C_2H_2+H_2O=CH_3CHO.$$

এইভাবে কার্বন ও হাইড্রোজেনের সাক্ষাৎসংযোগের ফলে অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করিয়া উহাকে উপরে লিখিত উপায়ে অ্যাসিট্যাল্ডিহাইডে পরিণত করা হয় এবং অ্যাসিট্যাল্ডিহাইড হইতে বিজারণ প্রক্রিয়া দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহল ও জারণ প্রক্রিয়া দ্বারা অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় তথা অন্যান্য জৈব যৌগ উক্ত দুইটি যৌগ হইতে প্রস্তুত করা সম্ভব। তাই অ্যাসিটিলিনের এই বিক্রিয়া কার্বন ও হাইড্রোজেন হইতে জৈব যৌগের সংশ্লেষণ সম্ভব করে।

অ্যামোনিয়ায় কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রাবিত করিয়া উক্ত দ্রবণের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করিলে কপার অ্যাসিটিলাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। $Cu_2Cl_2+C_2H_2=Cu_2C_2+2HCl$

$$2HCl+2NH_4OH=2NH_4Cl+2H_2O$$

সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণে অ্যামোনিয়া যোগ করিয়া উহার ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করিলে সিলভার অ্যাসিটিলাইডের সাদা অধঃক্ষেপ

পাওয়া যায়। $AgNO_3 + C_2H_2 = Ag_2C_2 + 2HNO_3$

$$2HNO_3 + 2NH_4OH = 2NH_4NO_3 + 2H_2O$$

দ্রষ্টব্য ঃ—সিলভার অ্যাসিটিলাইডের অধঃক্ষেপ সামান্য কালো দেখায়। তাহার কারণ অ্যাসিটিলিনের সহিত বিক্রিয়ার সামান্য সিলভার নাইট্রেট বিজারিত হইয়া অতিসূক্ষ্ম ধাতব সিলভার উৎপাদন করে এবং সূক্ষ্ম অবস্থার ধাতব সিলভার কালো দেখায়।

600° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় একটি উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস চালনা করিলে উহার তিনটি অণু সম্মিলিত হইয়া একটি বেনজিনের (benzene) অণুতে পরিণত হয়। $3C_2H_2 = C_6H_6$ (বেনজিন)

ব্যবহার ঃ—(1) অনেক প্রকার জৈব যৌগ উৎপাদনে অ্যাসিটিলিন ব্যবহৃত হয়, যেমন অ্যাসিট্যাল্‌ডিহাইড, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, অয়েষ্ট্রন (westron, $C_2H_2Cl_4$) ইত্যাদি। বেনজিন ও কৃত্রিম রবার উৎপাদনেও ইহার ব্যবহার দেখা যায়। উজ্জ্বল আলোক উৎপাদনে, (কার্বাইড ল্যাম্পে, যাহা দ্বিচক্রযানে ব্যবহৃত হয়) এবং অক্সি-অ্যাসিটিলিন শিখা উৎপাদনেও এই গ্যাস প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

মিথেন, ইথিলিন এবং অ্যাসিটিলিনের ধর্মের তুলনা ঃ—

ধর্ম ও বিকারক	মিথেন CH_4	ইথিলিন C_2H_4	অ্যাসিটিলিন C_2H_2
1. প্রকৃতি	বর্ণহীন, স্বাদহীন গ্যাস	বর্ণহীন গ্যাস	বর্ণহীন গ্যাস
2. গন্ধ	গন্ধহীন	মিষ্ট গন্ধযুক্ত	বিশুদ্ধ হইলে মিষ্ট গন্ধযুক্ত অবিশুদ্ধ হইলে দুর্গন্ধযুক্ত

ধর্ম ও বিকারক	মিথেন CH_4	ইথিলিন C_2H_4	অ্যাসিটিলিন C_2H_2
3. দ্রাব্যতা	জলে অদ্রাব্য বলিলেই হয়।	জলে অতি সামান্য দ্রাব্য	জলে বেশ দ্রাব্য
	অ্যালকোহলে সামান্য দ্রাব্য	অ্যালকোহলে দ্রাব্য।	অ্যালকোহলে দ্রাব্য এবং অ্যাসিটোনে বিশেষভাবে দ্রাব্য।
4. বাষ্পীয় ঘনত্ব	8, অতএব বায়ুর তুলনায় বিশেষ হাল্কা	14, বায়ুর সহিত প্রায় সমান ভারী	13, বায়ু অপেক্ষা সামান্য হাল্কা
5. রাসায়নিক প্রকৃতি	পরিপৃক্ত হাইড্রো কার্বন, সেই কারণে নিষ্ক্রিয় ও তাই হ্যালোজেন মৌলের সহিত প্রতিস্থাপিত যৌগ গঠন করে।	অপরিপৃক্ত হাইড্রো-কার্বন, খুব সক্রিয় এবং যুতযৌগ গঠন করে।	অতিশয় অপরি-পৃক্ত হাইড্রোকার্বন, তাই খুবই সক্রিয় এবং যুত যৌগ গঠন করে।
6. হাইড্রোজেন	অনুঘটক নিকেল, প্লাটিনাম বা প্যালাডিয়ামের উপস্থিতিতে হাই-ড্রোজেনের সহিত কোন বিক্রিয়া হয় না।	অনুঘটকের (Ni, Pt. বা Pd) উপ-স্থিতিতে হাইড্রো-জেনের একটি অণুর সহিত যুক্ত হইয়া ইথেন গঠন করে। $C_2H_4+H_2=C_2H_6$	অনুঘটকের (Ni, Pt বা Pd) উপ-স্থিতিতে প্রথমে এক অণু হাইড্রো-জেনের সহিত যুক্ত হইয়া ইথিলিন দেয়, পরে এক অণু হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া ইথেন উৎপন্ন করে। $C_2H_2+H_2=C_2H_4$; $C_2H_4+H_2=C_2H_6$

ধর্ম ও বিকারক	মিথেন CH_4	ইথিলিন C_2H_4	অ্যাসিটিলিন C_2H_2
7. ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণ (বাদামী রং-এর)	রং নষ্ট হয় না।	রং নষ্ট করিয়া দেয় এবং ইথিলিন ব্রোমাইড নামক যুত যৌগ উৎপন্ন করে $C_2H_4+Br_2$ $=C_2H_4Br_2$	রং নষ্ট করিয়া দেয় এবং প্রথমে অ্যাসিটিলিন ডাই ব্রোমাইড নামক যুত যৌগ গঠন করে এবং ক্রমে অ্যাসিটিলিন টেট্রা ব্রোমাইড নামক যুতযৌগ উৎপন্ন করে— $C_2H_2+Br_2$ $=C_2H_2Br_2$ $C_2H_2Br_2+Br_2$ $=C_2H_2Br_4$
8. ক্লোরিণ গ্যাস	বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে বিক্রিয়া করিয়া প্রতিস্থাপিত যৌগ উৎপন্ন করে। $CH_4+Cl_2=$ $CH_3Cl+HCl$ $CH_3Cl+Cl_2=$ CH_2Cl_2+HCl $CH_2Cl_2+Cl_2$ $=CHCl_3+HCl$ $CHCl_3+Cl_2=$ CCl_4+HCl কিন্তু উজ্জ্বল সূর্যালোকে বিক্রিয়া করিয়া ভূসার আকারে কার্বন ও	সর্ব অবস্থায় যুত-যৌগ ইথিলিন ডাইক্লোরাইড গঠন করে। $C_2H_4+Cl_2=$ $C_2H_4Cl_2$ কিন্তু ক্লোরিণ ও ইথিলিনের মিশ্রণে অগ্নি সংযোগ করিলে কার্বন ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয়। $C_2H_4+2Cl_2$ $=4HCl+2C$	সরাসরি বিক্রিয়া ঘটাইলে অ্যাসিটিলিনে আগুন ধরিয়া যায় এবং ভূসার আকারে কার্বন উৎপন্ন হয় ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস হয়। $C_2H_2+Cl_2=$ $2C+2HCl$ কিন্তু S_2Cl_2 এর দ্রবণে অ্যাসিটিলিন রাখিয়া বিক্রিয়া ঘটাইলে যুতযৌগ উৎপন্ন হয়।

ধর্ম ও বিকারক	মিথেন CH_4	ইথিলিন C_2H_2	অ্যাসিটিলিন C_2H_2
	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন করে। $CH_4+2Cl_2 = C+4HCl$		$C_2H_2+Cl_2 = C_2H_2Cl_2$ $C_2H_2Cl_2+Cl_2 = C_2H_2Cl_4$
9. হ্যালোজেন অ্যাসিড (যথা, হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড)	কোন বিক্রিয়া হয় না।	একটি অণু অ্যাসিড সংযুক্ত হইয়া যুত যৌগ উৎপন্ন করে। $C_2H_4+HBr = C_2H_5Br$	দুইটি অণু অ্যাসিড সংযুক্ত হইয়া যুতযৌগ গঠন করে। $C_2H_2+HBr = C_2H_3Br$ $C_2H_3Br+HBr = C_2H_4Br_2$
10. গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড	কোন বিক্রিয়া হয় না বা গ্যাস শোষিত হয় না।	গ্যাস শোষিত হইয়া ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট উৎপন্ন করে। $C_2H_4+H_2SO_4 = C_2H_5\ HSO_4$	গ্যাস শোষিত হয় এবং $CH_3CH(HSO_4)_2$ এই যৌগ উৎপন্ন করে
11. বায়ুর উপস্থিতিতে অগ্নি-সংযোগ করিলে	প্রায় অদৃশ্য নীলাভ শিখার সহিত জ্বলে।	দীপ্ত শিখার সহিত জ্বলে।	অতি দীপ্ত ও ধূম্র যুক্ত শিখার সহিত জ্বলে।
12. অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া অগ্নি-সংযোগ করিলে	ইহার আয়তনের দ্বিগুণ আয়তন অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া অগ্নি-সংযোগ করিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। $CH_4+2O_2 = CO_2+2H_2O$	ইহার আয়তনের তিনগুণ আয়তন অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া অগ্নি-সংযোগ করিলে প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। $C_2H_4+3O_2 = 2CO_2+2H_2O$	ইহার আয়তনের আড়াইগুণ আয়তন অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া অগ্নি সংযোগ করিলে অতি প্রচণ্ড বিস্ফোরণ হয়। $2C_2H_2+5O_2 = 4CO_2+2H_2O$

ধর্ম ও বিকারক	মিথেন CH_4	ইথিলিন C_2H_4	অ্যাসিটিলিন C_2H_2
13. অ্যামোনিয়ায় দ্রাবিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড	বিক্রিয়া হয় না	বিক্রিয়া হয় না	লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। $Cu_2Cl_2 + C_2H_2 = Cu_2C_2 + 2HCl$ $2HCl + 2NH_4OH = 2NH_4Cl + 2H_2O$
14. অ্যামোনিয়া-যুক্ত সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ	বিক্রিয়া হয় না	বিক্রিয়া হয় না	সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। $2AgNO_3 + C_2H_2 = Ag_2C_2 + 2HNO_3$ $2HNO_3 + 2NH_4OH = 2NH_4NO_3 + 2H_2O$
15. শোষক	কোন শোষক নাই	(i) ব্রোমিনের দ্রবণ অথবা (ii) ধূমায়মান গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড	(i) ব্রোমিনের দ্রবণ, অথবা (ii) ধূমায়মান গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড, অথবা (iii) অ্যামোনিয়ায় দ্রাবিত কিউপ্রাস ক্লোরাইড

মিথেন, ইথিলিন ও অ্যাসিটিলিনের মিশ্রণ হইতে প্রত্যেক গ্যাসটির পৃথকীকরণ ও পুনরুৎপাদন :—

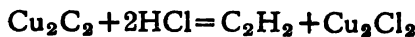
যখন মিথেন, ইথিলিন, ও অ্যাসিটিলিন গ্যাস একত্রে মিশিয়া থাকে তখন তাহাদের পৃথক করিয়া বিশুদ্ধভাবে পাইতে হইলে নিম্নলিখিত প্রক্রিয়াগুলি অনুসরণ করা হয় :—

(1) প্রথমতঃ গ্যাসমিশ্রণটিকে উল্‌ফের বোতলস্থিত অ্যামোনিয়ায় দ্রাবিত কিউপ্রাস ক্লোরাইডের দ্রবণের ভিতর দিয়া পরিচালিত করা হয়। ইহাতে একমাত্র অ্যাসিটিলিন গ্যাস শোষিত হইয়া কপার অ্যাসিটিলাইডের লাল অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়। মিথেন ও ইথিলিন গ্যাস শোষিত হয় না এবং তাহা বাহির হইয়া আসে। $Cu_2Cl_2 + C_2H_2 = Cu_2C_2 + 2HCl$ উৎপন্ন হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডে পরিণত হয়।

(2) মিথেন ও ইথিলিন গ্যাসের মিশ্রণ প্রথম উল্‌ফের বোতল হইতে অন্য একটি উল্‌ফের বোতলে স্থিত ধূমায়মান গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। এই দ্বিতীয় উল্‌ফের বোতলে ইথিলিন শোষিত হয় এবং ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট উৎপন্ন হয়। $C_2H_4 + H_2SO_4 = C_2H_5HSO_4$.

মিথেন গ্যাস বিশুদ্ধ ও শুষ্ক অবস্থায় দ্বিতীয় উল্‌ফের বোতল হইতে বাহির হইয়া আসে এবং মার্কারীর অপভ্রংশ দ্বারা মার্কারীর উপর সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধ অ্যাসিটিলিন পাইতে হইলে প্রথম উল্‌ফের বোতল হইতে কপার অ্যাসিটিলাইডের লাল অধঃক্ষেপ পরিস্রাবণ দ্বারা সংগ্রহ করিয়া বেশ করিয়া ধুইয়া লওয়া হয়। পরে উহাকে অন্যত্র একটি উল্‌ফের বোতলে লইয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া অ্যাসিটিলিন উৎপন্ন করা হয়। গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (fused calcium chloride) ভিতর দিয়া চালনা করিয়া উহাকে শুষ্ক করা হয় এবং মার্কারীর উপর সংগ্রহ করা হয়।

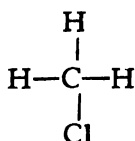
$$Cu_2C_2 + 2HCl = C_2H_2 + Cu_2Cl_2$$

বিশুদ্ধ ইথিলিন পাইতে হইলে দ্বিতীয় উল্‌ফের বোতল হইতে উৎপন্ন ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ একটি ফ্লাস্কে লইয়া উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতেই বিশুদ্ধ ও শুষ্ক ইথিলিন উৎপন্ন হয় এবং মার্কারীর অপভ্রংশ দ্বারা ইহাকে সংগ্রহ করা হয়। $C_2H_5HSO_4 = C_2H_4 + H_2SO_4$

অ্যালকাইল হ্যালাইডসমূহ (Alkyl halides)

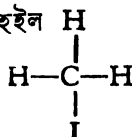
ইহারা হাইড্রোকার্বনের অণুতে হ্যালোজেন পরমাণু দ্বারা হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করতঃ অথবা অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বনের সহিত হ্যালোজেনের সাক্ষাৎ সংযোগে উৎপন্ন হয়। এই অ্যালকাইল হ্যালাইডসমূহ পরিপৃক্ত যৌগ—ইহাদের ভিতর নিম্নলিখিত কয়েকটি বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য :—

(1) মিথাইল ক্লোরাইড, CH_3Cl.

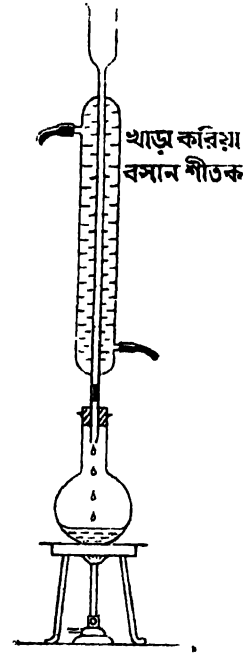
ইহা একটি গ্যাসীয় পদার্থ। মিথেনের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়া সংযতভাবে সংঘটিত করিয়া ইহা উৎপাদন করা যায়। $CH_4 + Cl_2 = CH_3Cl + HCl$. এই গ্যাসীয় পদার্থটিকে চাপ ও শৈত্য প্রয়োগে তরলে পরিণত করা যায়। এই তরলের স্ফুটনাঙ্ক—23·7° সেণ্টিগ্রেড। অনার্দ্র হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডে পটাসিয়াম হাইড্রোজেন ফ্লুয়োরাইড দ্রাবিত করিয়া উক্ত দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ফ্লুয়োরিণ উৎপাদনের সময় দ্রবণকে শীতল করিবার জন্য এবং উৎপন্ন হাইড্রোফ্লুয়োরিক অ্যাসিডের বাষ্পকে তরলে পরিণত করিয়া সরাইতে তরল মিথাইল ক্লোরাইড ব্যবহৃত হয়। ইহার সংযুতি সংকেত হইল

```
     H
     |
  H—C—H
     |
     Cl
```

(2) মিথাইল আয়োডাইড, CH_3I

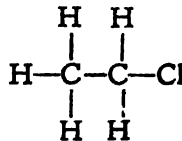
ইহা একটি তরল পদার্থ। মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত লাল ফস্ফোরাস মিশাইয়া তাহাতে একটু একটু করিয়া আয়োডিন যোগ করিয়া কয়েক ঘণ্টা ফেলিয়া রাখিয়া জলগাহ হইতে পাতনক্রিয়া নিষ্পন্ন করিলে মিথাইল আয়োডাইড পাওয়া যায়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 45° সেণ্টিগ্রেড। ইহা অনেকপ্রকার জৈব যৌগের সংশ্লেষণে ব্যবহৃত হয়। ইহার সংযুতি সংকেত হইল

```
     H
     |
  H—C—H
     |
     I
```

(3) ইথাইল ক্লোরাইড, C_2H_5Cl

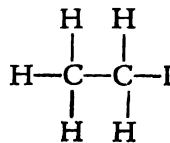
ইহা একটি উদ্বায়ী তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 12·5° সেণ্টিগ্রেড, তাই আমাদের

দেশে ইহা সাধারণ উষ্ণতায় গ্যাসীয় পদার্থরূপে পাওয়া যায় এবং গ্যাসীয় অবস্থা হইতে শৈত্য প্রয়োগে ইহাকে তরলে পরিণত করা যায়। নির্জলিত ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত জলবিহীন জিঙ্ক ক্লোরাইড মিশাইয়া একটি ফ্লাস্কে লওয়া হয় এবং উহার সহিত একটি শীতক কর্কের ভিতর দিয়া খাড়াভাবে লাগানো হয়। পরে শীতকটি কর্ক সমেত সরাইয়া রাখিয়া অন্য একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি কাচ নল চালনা করিয়া উহাকে অ্যালকোহলে ডুবাইয়া ফ্লাস্কের অ্যালকোহলের ভিতর দিয়া হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস চালনা করিয়া দ্রবণটিকে HCl দ্বারা সংপৃক্ত করা হয়। পরে কাচনলসহ কর্কটি খুলিয়া লইয়া শীতক লাগানো কর্কটিকে লাগাইয়া ফ্লাস্কটিকে জলগাহের উপর বসাইয়া মৃদুভাবে উত্তপ্ত করা হয়। এই অবস্থায় শীতকের উপরের মুখের সহিত পর পর ধৌত-বোতলে রক্ষিত জল, পাতলা কষ্টিক-পটাস এবং গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সংযোগ স্থাপন করিয়া উৎপন্ন গ্যাসীয় ইথাইল ক্লোরাইডকে তাহার ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। ইহাতে ইথাইল ক্লোরাইডের সহিত মিশ্রিত অ্যাল্‌কোহলের বাষ্প, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড গ্যাস এবং জলীয় বাষ্প অপসারিত হয়। সর্বশেষে গ্যাসটিকে হিমমিশ্রে অবস্থিত একটি U নলের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া তরলে পরিণত করা হয়।

চিত্র নং—14

ইহা সামান্য ধরণের অস্ত্রোপচারের সময় স্থানিক বিবশক (Local anaesthetic) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহার সংযুতি সংকেত হইল

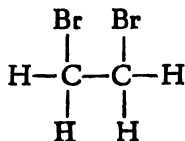
$$\begin{array}{ccccc} & & H & & H & \\ & & | & & | & \\ H & — & C & — & C & — Cl \\ & & | & & | & \\ & & H & & H & \end{array}$$

(4) ইথাইল আয়োডাইড, C_2H_5I

ইহা একটি তরল পদার্থ। ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত লাল ফস্‌ফোরাস মিশাইয়া লইয়া তাহাতে একটু একটু করিয়া আয়োডিন যোগ করা হয় এবং মিশ্রণটিকে কয়েক ঘণ্টা রাখিয়া দেওয়া হয়। পরে জলগাহ হইতে পাতন ক্রিয়া দ্বারা ইথাইল আয়োডাইড সংগ্রহ করা হয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 72·8° সেন্টিগ্রেড। অনেক জৈব যৌগপদার্থের সংশ্লেষণে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। ইহার সংযুতি সংকেত হইল

```
    H   H
    |   |
H — C — C — I
    |   |
    H   H
```

(5) ইথিলিন ডাইব্রোমাইড, $C_2H_4Cl_2$

ইহা একটি তরল পদার্থ। কার্বন টেট্রাক্লোরাইডে ব্রোমিন দ্রাবিত করিয়া সেই দ্রবণের ভিতর দিয়া ইথিলিন গ্যাস চালনা করিয়া ইথিলিন ডাইব্রোমাইডের পণ্য উৎপাদন সংঘটিত করা হয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 132° সেন্টিগ্রেড। যখন টেট্রা-ইথাইল লেড পেট্রোলের সহিত মিশাইয়া মোটর গাড়ীর ইঞ্জিনে ব্যবহার করা হয়, তখন লেডকে লেড ডাইব্রোমাইড করিয়া অপসারিত করার জন্য ইথিলিন ডাই-ব্রোমাইডও উক্ত টেট্রাইথাইল লেড ও পেট্রোলের মিশ্রণে যোগ করা হয়। তাহা না হইলে মোটর গাড়ীর ইঞ্জিনের লোহার সিলিণ্ডারে (Cylinder) ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্র (pittings) উৎপন্ন হয়।

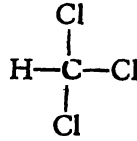
ইহার সংযুতি সংকেত হইল

```
    Br  Br
    |   |
H — C — C — H
    |   |
    H   H
```

(6) ক্লোরোফর্ম, $CHCl_3$

ইহা একটি মিষ্টগন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত ব্লিচিং পাউডার মিশাইয়া পাতিত করিলে ক্লোরোফর্ম পাওয়া যায়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 62° সেন্টিগ্রেড। শল্যচিকিৎসায় ইহা চেতনানাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। তাহা

ছাড়াও ইহা কতকগুলি জৈব যৌগের, যেমন তৈল, রেসিন ইত্যাদির, দ্রাবকরূপে ব্যবহৃত হয়।

ইহার সংযুতি সংকেত হইল

$$\begin{array}{c} Cl \\ | \\ H-C-Cl \\ | \\ Cl \end{array}$$

দ্রষ্টব্য :—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে মিথেনের সাহত ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় ক্লোরোফর্ম পাওয়া যাইতে পারে, তবে এই উপায়ে উহা প্রস্তুত করা হয় না, কারণ ঠিক ক্লোরোফর্মের উৎপাদনের সঙ্গে সঙ্গে বিক্রিয়া বন্ধ করা যায় না।

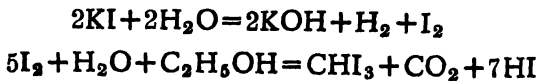
(7) **আয়োডোফর্ম**, CHI_3

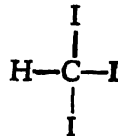
ইহা একটি বিশিষ্টগন্ধযুক্ত ফিকে হলদে রংএর কঠিন পদার্থ। ইথাইল অ্যালকোহলে অথবা অ্যাসিটোনে কষ্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করিয়া 70° সেণ্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া তাহাতে পটাসিয়াম আয়োডাইডের দ্রবণে দ্রাবিত আয়োডিন যোগ করা হয়, যতক্ষণ না ফিকে হলুদ রংএর দ্রবণ উৎপন্ন হয়। পরে ঠাণ্ডা করিলেই আয়োডোফর্মের কেলাস উৎপন্ন হয়।

$$4I_2 + 6NaOH + \underset{\text{ইথাইল অ্যাল্কোহল}}{C_2H_5OH} = \underset{\text{আয়োডো-ফর্ম}}{CHI_3} + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$$

সোডিয়াম কার্বনেটের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যালকোহলে বা অ্যাসিটোনে পটাসিয়াম আয়োডাইডের পাতলা দ্রবণ লইয়া তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়। এইভাবে আয়োডোফর্মের পণ্য উৎপাদন সংঘটিত করা হয়।

$$2KI + 2H_2O = 2KOH + H_2 + I_2$$

$$5I_2 + H_2O + \underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} = \underset{\text{আয়োডোফর্ম}}{CHI_3} + CO_2 + 7HI$$

ইহার গলনাঙ্ক 119° সেণ্টিগ্রেড। ইহা বীজবারক ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহার সংযুতি সংকেত হইল

$$\begin{array}{c} I \\ | \\ H-C-I \\ | \\ I \end{array}$$

Questions

1. What is a hydrocarbon? What are paraffins? Why are they so called? Outline a method for getting acetylene from carbon and hydrogen.

১। হাইড্রোকার্বন কি পদার্থ? প্যারাফিন কাহাকে বলে? উক্ত শ্রেণীর পদার্থগুলির এই নামকরণের হেতু কি? কার্বন ও হাইড্রোজেন ব্যবহার করিয়া অ্যাসিটিলিন প্রস্তুতের একটি পদ্ধতি বর্ণনা কর।

2. What are saturated and unsaturated hydrocarbons? Explain the statement that methane is a saturated hydrocarbon. What are additive and substituted compounds? How would you detect the presence of unsaturation in an organic compound?

২। পরিপৃক্ত এবং অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন কাহাদের বলে? "মিথেন একটি পরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন" —এই উক্তিটি ব্যাখ্যা করিয়া বুঝাইয়া দাও। যুত-যৌগ এবং প্রতিস্থাপিত যৌগ বলিতে কাহাদের বুঝায়? জৈব-যৌগে অপরিপৃক্ততার পরিচয় কি ভাবে পাওয়া যায়?

3. How can pure methane be prepared? What is choke-damp? What happens when chlorine is mixed with methane in the dark and the mixture is then placed in direct sun-light?

৩। বিশুদ্ধ মিথেন কিভাবে পাওয়া যায়? "দমবন্ধকারী ভিজা গ্যাস" কাহাকে বলে? অন্ধকারে মিথেনের সহিত ক্লোরিণ মিশাইয়া প্রখর সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে কি প্রকার বিক্রিয়া ঘটে?

4. How would you prepare pure dry ethylene in the laboratory? What is the action of (a) bromine, (b) Conc. H_2SO_4. (c) Ozone. (d) HClO on ethylene?

৪। পরীক্ষাগারে কোন্‌পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ এবং শুষ্ক ইথিলিন প্রস্তুত করা যায়? (খ) গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড, (গ) ওজোন এবং (ঘ) হাইপোক্লোরাস অ্যাসিডের সহিত ইথিলিনের বিক্রিয়া বর্ণনা কর।

5. How is acetylene prepared in laboratory? State its important properties and uses.

৫। পরীক্ষাগারে অ্যাসিটিলিন কি উপায়ে প্রস্তুত করা হয়? ইহার বিশেষ বিশেষ ধর্মগুলি এবং ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

6. Compare the properties of methane, ethylene and acetylene. How can the three hydrocarbons be separated when present in a mixture and obtained pure?

৬। মিথেন, ইথিলিন এবং অ্যাসিটিলিনের ধর্মাবলীর তুলনামূলক আলোচনা কর। এই তিনটি হাইড্রোকার্বনের মিশ্রণ হইতে কোন উপায়ে পৃথকভাবে হাইড্রোকার্বনগুলি পাওয়া যাইতে পারে?

7. How can acetylene be converted into acetaldehyde? Starting from acetylene how would you prepare ethylene, ethyl alcohol, acetic acid and benzene?

৭। অ্যাসিটিলিনকে কি উপায়ে অ্যাসিট্যালডিহাইডে পরিণত করা যায়? অ্যাসিটিলিন লইয়া আরম্ভ করিয়া ইথিলিন, ইথাইল অ্যালকোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড এবং বেনজিন কি ভাবে প্রস্তুত করিবে?

8. Starting with ethylene show the steps by which acetylene, ethyl alcohol and glycol can be obtained from it.

৮। ইথিলিন লইয়া আরম্ভ করিয়া যে উপায়ে অ্যাসিটিলিন, ইথাইল অ্যালকোহল এবং গ্লাইকল পাওয়া যায় তাহার ধাপগুলি দেখাও।

9. Write out the structural formulæ of chloroform and iodoform. What are their uses?

৯। ক্লোরোফর্ম এবং আয়োডোফর্মের সংযুতি সংকেত লিখিয়া দেখাও। উহাদের ব্যবহার উল্লেখ কর।

চতুর্থ অধ্যায়

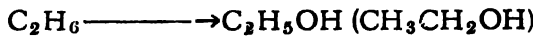
স্নেহজ (অ্যালিফ্যাটিক) জৈব যৌগসমূহ

(1) **অ্যাল্‌কোহল** (Alcohol), (2) **অ্যালডিহাইড** (Aldehyde), (3) **কিটোন** (Ketone), (4) **অ্যাসিড** (Acid), (5) **এস্‌টার** (Ester), (6) **চর্বি ও তৈল** (Fats and Oils), (7) **সাবান** (Soap), (8) **কার্বো-হাইড্রেট** [Carbohydrate, যথা, **গ্লুকোজ** (Glucose), **সুক্রোজ** (Sucrose), **ষ্টার্চ** (Starch)] ইত্যাদি।

(1) **অ্যাল্‌কোহল :**—প্যারাফিন হাইড্রোকার্বনের অণুতে অবস্থিত একটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি —OH (হাইড্রক্সিল) মূলক বা পুঞ্জদ্বারা প্রতি-স্থাপিত হওয়ার ফলে যে সকল যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাদের গোষ্ঠীর নাম অ্যাল্‌কোহল। সুতরাং অ্যাল্‌কোহল হইল প্যারাফিন হাইড্রোকার্বনের হাইড্রক্সি যৌগ। এইভাবে মিথেনের (CH_4) হাইড্রক্সি যৌগকে বলে মিথাইল অ্যালকোহল্ এবং ইথেনের (C_2H_6) হাইড্রক্সি যৌগকে বলে ইথাইল অ্যাল্‌কোহল।

$$CH_4 \longrightarrow CH_3OH$$

মিথেন — মিথাইল অ্যালকোহল

$$C_2H_6 \longrightarrow C_2H_5OH \; (CH_3CH_2OH)$$

ইথেন — ইথাইল অ্যালকোহল

এই সকল অ্যাল্‌কোহলের অণুতে একটিমাত্র —OH মূলক থাকে, তাই ইহাদিগকে মনোহাইড্রক্সি-অ্যাল্‌কোহল বলে। এই শ্রেণীর অ্যাল্‌কোহলগুলিকে আবার তিনটি বিভাগে স্থাপনা করা হয়, যথা

(ক) **প্রাইমারী অ্যাল্‌কোহল** (Primary alcohol),

যেমন, $CH_3 \; CH_2OH$

(খ) **সেকেণ্ডারী অ্যাল্‌কোহল** (Secondary alcohol),

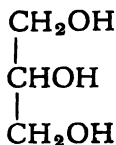
যেমন, $CH_3 \; CH(OH), \; CH_3$

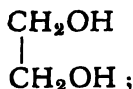
(গ) **টারসিয়ারী অ্যাল্‌কোহল** (Tartiary alcohol),

যেমন, $(CH_3)_3.C.OH$

প্রাইমারী অ্যাল্‌কোহলে—CH_2OH পুঞ্জ থাকে, সেকেণ্ডারী অ্যাল্‌কোহলে $=CH(OH)$ পুঞ্জ থাকে এবং টারসিয়ারী অ্যাল্‌কোহলে $\equiv C(OH)$ পুঞ্জ থাকে। জারণ প্রক্রিয়া দ্বারা প্রাইমারী অ্যাল্‌কোহল হইতে অ্যাল্‌ডিহাইড উৎপন্ন হয়, সেকেণ্ডারী এবং টারসিয়ারী অ্যাল্‌কোহলের জারণের ফলে কিটোন উৎপাদিত হয়।

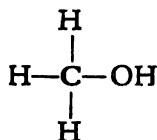
এই শ্রেণীবিভাগ অনুসারে গ্লিসারিণকেও অ্যাল্‌কোহল গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত করা হয়, ইহার রাসায়নিক নাম হইল গ্লিসারল। ইহার প্রতি অণুতে তিনটি করিয়া হাইড্রক্সিল মূলক থাকে। তিনটি হাইড্রক্সিল মূলক থাকার জন্য ইহাকে ট্রাই-হাইড্রিক অ্যাল্‌কোহল (Trihydroxy or trihydric alcohol) বলে। ইহার সংযুতি সংকেত হইল

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array}$$

সেই প্রকার ডাইহাইড্রিক অ্যাল্‌কোহল হইল ইথিলিন গ্লাইকল,

$$\begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CH_2OH\ ; \end{array}$$

পূর্বে উল্লিখিত অ্যালকোহলগুলি মনোহাইড্রিক অ্যাল্‌কোহল। গ্লিসারলের সংযুতি সংকেত হইতে বুঝা যায় যে উহার অণুতে দুইটি প্রাইমারী অ্যাল্‌কোহলের পুঞ্জ এবং একটি সেকেণ্ডারী অ্যাল্‌কোহলের পুঞ্জ বর্তমান।

মিথাইল অ্যাল্‌কোহল, (Methyl alcohol), CH_3OH

ইহার সংযুতি সংকেত হইল

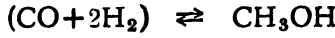
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H \end{array}$$

প্রস্তুত প্রণালী :—কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন পাইরোলিগনিয়াস্ অ্যাসিড হইতে :—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে পাইরোলিগনিয়াস্ অ্যাসিডে মিথাইল অ্যাল্‌কোহল থাকে। উহাকে তামার পাত্রে লইয়া ফুটান হয় এবং উৎপন্ন বাষ্পকে উত্তপ্ত চুন গোলার ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ইহাতে

পাইরোলিগনিয়াস্ অ্যাসিডের ভিতর বর্তমান অ্যাসিটিক অ্যাসিড চুনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট নামক লবণে পরিণত হয়। বাষ্পাকারে মিথাইল অ্যাল্‌কোহল, অ্যাসিটোন এবং জল বাহির হইয়া আসে এবং বাষ্পকে শীতল করিয়া উক্ত দ্রব্যগুলির মিশ্রণ তরল আকারে সংগ্রহ করা হয়। পাথুরে চুনের উপর এই তরলকে যোগ করিয়া আংশিকভাবে উহাকে পাতিত করিলে (fractional distillation) মিথাইল অ্যালকোহল (স্ফুটনাঙ্ক 64·5° সেন্টিগ্রেড) পাওয়া যায়। পণ্য হিসাবে বিক্রীত মিথাইল অ্যাল্‌কোহল শতকরা 70 ভাগ বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যাল্‌কোহল থাকে। তাহা হইতে আংশিকভাবে পুনঃ পাতন দ্বারা শতকরা 98 ভাগ বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যাল্‌কোহল পাওয়া যায়। ইহাকে পাথুরে চুনের সহিত মিশাইয়া একরাত্রি রাখিয়া দিয়া পাতিত করিলে শুষ্ক মিথাইল অ্যাল্‌কোহল পাওয়া যায়। কিন্তু একেবারে জলশূন্য করিতে হইলে এইভাবে পাতিত মিথাইল অ্যাল্‌কোহলের সহিত ক্যালসিয়াম ধাতু মিশাইয়া কিছুক্ষণ রাখিয়া পাতিত করিতে হয়।

এইভাবে প্রস্তুত করা মিথাইল অ্যাল্‌কোহলে 1—2% অ্যাসিটোন থাকে। ইহাকে অনার্দ্র গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (fused Calcium chloride) সহিত মিশ্রিত করিয়া কেলাসিত করিলে $CaCl_2$, $4CH_3OH$ এই পদার্থটি পাওয়া যায়। এই কেলাসগুলিকে পৃথকভাবে ফিলটার করার বুকনার ফানেলে ফিলটার কাগজের উপর সংগ্রহ করিয়া চাপ দিয়া অ্যাসিটোনকে তাড়ানো হয়। পরে এই কেলাসগুলিকে উত্তপ্ত করিয়া পাতনক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যাল্‌কোহল উৎপন্ন করা হয়। মিথাইল অ্যাল্‌কোহল হইতে অ্যাসিটোন অশুদ্ধি তাড়াইবার অন্য পদ্ধতি হইল তরলটিকে উত্তপ্ত করিয়া শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করা এবং পরে তরলটির আংশিক পাতনক্রিয়া সম্পন্ন করা। উৎপন্ন ট্রাই-ক্লোরো-অ্যাসিটোনের স্ফুটনাঙ্ক মিথাইল অ্যাল্‌কোহল অপেক্ষা অনেক বেশী বলিয়া আংশিক পাতনে বিশুদ্ধ মিথাইল অ্যাল্‌কোহল পাওয়া যায়।

সংশ্লেষণ পদ্ধতি প্রয়োগে জলগ্যাস হইতেঃ—বর্তমানে বেশীর ভাগ পণ্য মিথাইল অ্যাল্‌কোহল জলগ্যাস হইতে উৎপাদিত হয়। জলগ্যাসের সহিত তাহার অর্ধ-আয়তনের হাইড্রোজেন 200—300 গুণ বায়ুমণ্ডলের চাপে মিশাইয়া জিঙ্ক ও ক্রোমিয়াম অক্সাইডের মিশ্রণকে অথবা জিঙ্ক ক্রোমেটকে 350°—400° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় অনুঘটকরূপে ব্যবহার করিয়া উহার উপর দিয়া প্রবাহিত

করা হয়। ইহাতে শতকরা 20 হইতে 25 ভাগ গ্যাসমিশ্রণ মিথাইল অ্যাল্‌কোহলে পরিণত হয়।

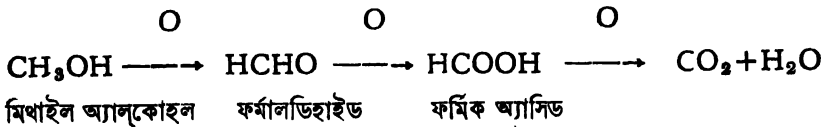
$$(CO+2H_2) \rightleftharpoons CH_3OH$$

জল গ্যাস মিথাইল অ্যাল্‌কোহল।

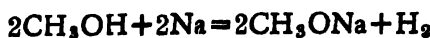
এই প্রণালী প্রয়োগ করিয়া যুক্তরাষ্ট্রে সস্তায় প্রচুর মিথাইল অ্যাল্‌কোহল প্রস্তুত করা হয়।

মিথাইল অ্যাল্‌কোহলের ধর্ম: ভৌত ধর্ম: মিথাইল অ্যাল্‌কোহল বর্ণহীন তরল। ইহার একটি মিষ্টগন্ধ আছে কিন্তু ইহা উগ্র স্বাদবিশিষ্ট। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 64·5° সেন্টিগ্রেড। ইহা বিষাক্ত পদার্থ এবং ইহা বিভিন্ন পরিমাণে পান করার ফলে অন্ধত্ব, উন্মত্ত-অবস্থা ও এমন কি মৃত্যু পর্যন্ত ঘটিয়া থাকে। সেইকারণে ইহা ইথাইল অ্যাল্‌কোহলের সহিত মিশ্রিত করিয়া "মেথিলেটেড স্পিরিট" (methylated spirit) প্রস্তুত করা হয় এবং তখন উহা পানের অযোগ্য হয়। ইহাকে জলের এবং ইথারের সহিত যে কোন পরিমাণে মেশানো যায়। ইহা জলের অপেক্ষা হালকা এবং ইহাতে অগ্নি-সংযোগ করিলে ইহা ফিকে নীল শিখার সহিত জ্বলে।

রাসায়নিক ধর্ম:—সকল অ্যাল্‌কোহলেই (–OH) মূলক বিদ্যমান; তাই সকল অ্যাল্‌কোহলই একই গোষ্ঠীভুক্ত যৌগ এবং তাহাদের ধর্ম মূলতঃ (–OH) মূলকের ধর্ম। উপরন্তু মিথাইল অ্যাল্‌কোহল একটি প্রাইমারী অ্যাল্‌কোহল। তাই ইহার জারণের ফলে প্রথমে ফরম্যালডিহাইড, পরে ফরমিক অ্যাসিড এবং সর্বশেষে কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

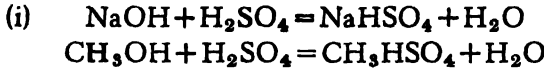
$$CH_3OH \xrightarrow{O} HCHO \xrightarrow{O} HCOOH \xrightarrow{O} CO_2+H_2O$$

মিথাইল অ্যাল্‌কোহল ফর্মালডিহাইড ফর্মিক অ্যাসিড

এই জারণ প্রক্রিয়া পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিথাইল অ্যাল্‌কোহলকে সামান্য উত্তপ্ত করিয়া সংঘটিত করা হয়। ইহাতে (–OH) মূলক আছে বলিয়া ইহা জলের ন্যায় সোডিয়াম ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করে এবং সোডিয়াম মিথক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস দেয়।

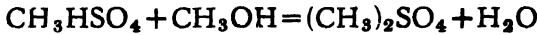
$$2CH_3OH+2Na=2CH_3ONa+H_2$$

সোডিয়াম মিথক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পুনরায় মিথাইল অ্যাল্‌কোহল উৎপাদন করে। $CH_3ONa + HOH = CH_3OH + NaOH$

মিথাইল অ্যাল্‌কোহলে ($-OH$) মূলক থাকার ফলে ইহা বিভিন্ন জৈব ও অজৈব অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া এসটার (ester) নামক যৌগ গঠন করে এবং সঙ্গে সঙ্গে জল উৎপন্ন হয়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড অথবা অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে এই বিক্রিয়াগুলি শুষ্কভাবে নিষ্পন্ন হয় কারণ উক্ত নিরুদকগুলি জল শোষণ করিয়া লয় এবং উৎপন্ন এসটারের সহিত জলের বিক্রিয়া আর হইতে দেয় না। এসটারকে জৈব লবণের সহিত তুলনা করা যায়। যেমন,

(i) $NaOH + H_2SO_4 = NaHSO_4 + H_2O$

$CH_3OH + H_2SO_4 = CH_3HSO_4 + H_2O$

মিথাইল হাইড্রোজেন সলফেট

মিথাইল অ্যাল্‌কোহল অধিক পরিমাণে ব্যবহার করিলে ডাইমিথাইল ইথার উৎপন্ন হয়। $CH_3HSO_4 + CH_3OH = CH_3OCH_3 + H_2SO_4$. অধিক সলফিউরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিলে ডাইমিথাইল সলফেট উৎপন্ন হয়।

$$CH_3HSO_4 + CH_3OH = (CH_3)_2SO_4 + H_2O$$

তুলনামূলক বিক্রিয়া হইল $2NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$.

(ii) $CH_3OH + CH_3COOH = CH_3COOCH_3 + H_2O$

মিথাইল অ্যাসিটেট

তুলনামূলক বিক্রিয়া $NaOH + CH_3COOH = CH_3COONa + H_2O$

এইখানে বিক্রিয়াটি গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের উপস্থিতিতে ঘটিয়া থাকে।

(iii) $CH_3OH + HCl = CH_3Cl + H_2O$

তুলনামূলক বিক্রিয়া $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$

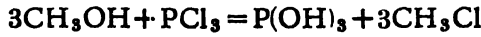
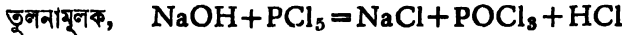
এইখানেও বিক্রিয়াটি অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে সংঘটিত হয়।

(vi) ফস্‌ফোরাস পেণ্টাক্লোরাইড অথবা ফস্‌ফোরাস ট্রাইক্লোরাইড অন্যান্য (-OH) মূলক বিশিষ্ট যৌগের সহিত যে ভাবে বিক্রিয়া করে এখানেও সেই ভাবেই বিক্রিয়া করিয়া থাকে, অর্থাৎ (-OH) মূলককে ক্লোরিণদ্বারা প্রতিস্থাপিত করে।

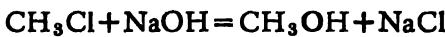
$$CH_3OH+PCl_5=CH_3Cl+HCl+POCl_3$$

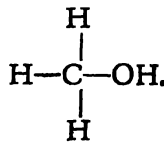
তুলনামূলক, $NaOH+PCl_5=NaCl+POCl_3+HCl$

$$3CH_3OH+PCl_3=P(OH)_3+3CH_3Cl$$

তুলনামূলক, $3NaOH+PCl_3=P(OH)_3+3NaCl.$

দ্রষ্টব্য :—যদিও তুলনামূলকভাবে অ্যালকোহলের ও কষ্টিকসোডার বিক্রিয়াগুলি দেখান হইল তাহা হইলেও মনে রাখিতে হইবে যে অ্যালকোহল ও কষ্টিক সোডা একজাতীয় পদার্থ নয়। কষ্টিক সোডার বিক্রিয়াগুলি সত্বর সংঘটিত হয়, কিন্তু অ্যালকোহলের বিক্রিয়াগুলি সংঘটিত হইতে দেরী হয়। আরও কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণে (OH^-)—আয়ন থাকে, কিন্তু অ্যালকোহলের জলীয় দ্রবণে কোন $(OH)^-$—আয়ন উৎপন্ন হয় না।

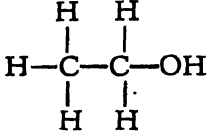
মিথাইল অ্যাল্‌কোহলের সংযুতি সংকেত (Structural Formula) :—মিথাইল অ্যাল্‌কোহলের ভিতর যে একটি (-OH) মূলক আছে তাহা ফস্‌ফোরাস পেন্টাক্লোরাইডের সহিত ইহার বিক্রিয়া হইতে জানা যায়। আবার মিথাইল ক্লোরাইডকে কষ্টিক সোডার সহিত বিক্রিয়া করাইলে মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়। মিথাইল ক্লোরাইডের সংকেত হইল CH_3Cl এবং ইহার ভিতর কোন (OH) মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন পরমাণু নাই। ইহার অণুতে বিদ্যমান ক্লোরিণ পরমাণু (OH) মূলকদ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়,—

$$CH_3Cl+NaOH=CH_3OH+NaCl$$

সুতরাং মিথাইল অ্যাল্‌কোহলে মাত্র একটি (-OH) মূলক আছে এবং ইহার সংযুতি সংকেত হইল

```
     H
     |
H—C—OH.
     |
     H
```

মিথাইল অ্যাল্‌কোহলের ব্যবহার :—মিথাইল অ্যাল্‌কোহল প্রধানতঃ ফরম্যালডিহাইড প্রস্তুতে, তথা প্লাষ্টিক উৎপাদনে, রং উৎপাদনে সুগন্ধি দ্রব্য (Perfumes) প্রস্তুতে, বার্ণিশে এবং পালিশ করিবার দ্রব্যে ব্যবহৃত হয়। মেথিলেটেড স্পিরিট উৎপাদনেও ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। পেট্রোলের সহিত মিশাইয়া ইহা মোটরের জ্বালানি হিসাবে ব্যবহৃত হয়। মিথাইল অ্যালকোহল

ও জলের মিশ্রণ শৈত্যে জমিয়া যায় না, তাই গাড়ীর রেডিয়েটারে এই মিশ্রণ antifreeze হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা গালা ও রজনের দ্রাবকরূপেও ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল অ্যালকোহল (Ethyl Alcohol), C_2H_5OH

ইহার সংযুতি সংকেত হইল

অ্যাল্‌কোহলগুলির ভিতর ইথাইল অ্যাল্‌কোহলই সর্বাপেক্ষা বেশী গুরুত্বপূর্ণ, কারণ ইহাই সমস্ত জৈব রসায়নের অধ্যয়নে সর্বদা ব্যবহৃত হইতে দেখা যায়। সেইজন্য অ্যাল্‌কোহল বলিতে ইথাইল অ্যাল্‌কোহলকেই বুঝায়। পণ্য হিসাবে ইহাকে স্পিরিট বলিয়া অভিহিত করা হয় এবং ইহার পণ্য উৎপাদনে দুইটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হইয়া থাকে। (i) চিনি বা ষ্টার্চ হইতে উৎপন্ন গ্লুকোজের দ্রবণের ঈষ্টের সাহায্যে অ্যাল্‌কোহলীয় সন্ধান (alcoholic fermentation) দ্বারা এবং (ii) ভারী হাইড্রোকার্বনের ফাটানো বা cracking হইতে উৎপন্ন ইথিলিন হইতে রাসায়নিক প্রক্রিয়া দ্বারা।

(i) চিনির দ্রবণের অ্যাল্‌কোহল সন্ধান :—ঈষ্ট একটি এক-কোষী উদ্ভিদ ; ইহা পচনশীল জৈব এবং উদ্ভিজ্জ দ্রব্যের সাহায্যে জীবন ধারণ করে ; অন্যান্য উদ্ভিদের ন্যায় বাহিরের বায়ু ও জল হইতে ইহারা ইহাদের খাদ্য সংগ্রহ করিতে পারে না। চিনি বা চিনির মত জিনিষের বিয়োজন হইতে উৎপন্ন শক্তি দ্বারাই ইহাদের বৃদ্ধি সম্পাদিত হয়।

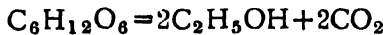
দ্রাক্ষা শর্করার (glucose) জলীয় দ্রবণে সামান্য ঈষ্ট সাধারণ উষ্ণতায় মিশাইয়া দিলে দ্রবণটি কিছুক্ষণের ভিতরেই গেঁজাইয়া উঠে এবং দ্রবণের উপর অনেক ফেনা জমা হইতে দেখা যায়। ইহাতে মনে হয় যেন দ্রবণটি ফুটিতেছে, কিন্তু দ্রবণের উষ্ণতা বৃদ্ধি পাইতে দেখা যায় না। ইহার কারণ দ্রাক্ষাশর্করা বিয়োজিত হইয়া কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া আসে এবং সেই কারণে দ্রবণটিকে ফুটন্ত বলিয়া মনে হয়। সঙ্গে সঙ্গে দ্রবণে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় এবং প্রায় শতকারা 95 ভাগ গ্লুকোজ ভাঙ্গিয়া গিয়া কার্বন ডাইঅক্সাইড ও ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

গ্লুকোজ বা
দ্রাক্ষাশর্করা

এইভাবে জীবন্ত কোষ দ্বারা যে রাসায়নিক পরিবর্তন সংঘটিত করা হয় তাহাকে **সন্ধান** (fermentation) প্রক্রিয়া বলে। বহু পুরাকাল হইতে এই পদ্ধতিতে সুরা বা মদ প্রস্তুত করা চলিয়া আসিতেছে। ইহা অনুঘটন-প্রক্রিয়া এবং জৈব অনুঘটক **এনজাইমের** (Enzyme) উপস্থিতিতে এই বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে। এন্‌জাইমগুলি অতি জটিল জৈব পদার্থ, ইহা নাইট্রোজেন ঘটিত অনিয়তাকার যৌগ এবং বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই ইহাদের সংকেত জানা নাই, কারণ ইহাদের ভিতর বিভিন্ন মৌলের পরিমাণ জানা নাই। ঈষ্ট তিনপ্রকার এন্‌জাইম উৎপন্ন করিয়া থাকে :—

(ক) **জাইমেজ** (Zymase): ইহা শুষ্ক ঈষ্টের গুঁড়াতে চাপ প্রয়োগ করিয়া অথবা উহা হইতে দ্রাবকের সাহায্যে পাওয়া যায়। উহাকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুতকে গ্লুকোজের দ্রবণে যোগ করিলে গ্লুকোজ অ্যাল্‌কোহলে পরিণত হয়।

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2$$

গ্লুকোজ ইথাইল অ্যাল্‌কোহল

(খ) **ইন্‌ভারটেজ** (Invertase):—ইহা ইক্ষু চিনিকে (সুক্রোজকে) আর্দ্র বিশ্লেষিত করিয়া গ্লুকোজে (দ্রাক্ষাশর্করা) ও ফ্রুকটোজে (ফলশর্করা) পরিণত করিতে পারে। $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$

ইক্ষুশর্করা বা সুক্রোজ — দ্রাক্ষাশর্করা বা গ্লুকোজ — ফলশর্করা বা ফ্রুকটোজ

(iii) **মলটেজ** (Maltase): ইহা মল্টোজ নামক চিনিকে দ্রাক্ষাশর্করায় পরিণত করে :—$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = 2C_6H_{12}O_6$. উৎপন্ন গ্লুকোজ পরে ঈষ্ট হইতে উৎপন্ন জাইমেজ নামক এন্‌জাইম দ্বারা ইথাইল অ্যাল্‌কোহল ও কার্বন-ডাইঅক্সাইডে পরিণত হয়।

ইথাইল অ্যাল্‌কোহলের পণ্য উৎপাদন :—

ইথাইল অ্যাল্‌কোহল সাধারণতঃ (i) সস্তায় প্রাপ্তব্য শ্বেতসার (starch) যুক্ত পদার্থ, যথা আলু, ভুট্টা, চাউল প্রভৃতি দ্রব্য হইতে অথবা (ii) চিনির ফ্যাক্টরীতে উৎপন্ন ঝোলাগুড় হইতে পণ্য-উৎপাদিত করা হয়, কখনও দামী ইক্ষুশর্করা হইতে প্রস্তুত করা হয় না।

(i) আলু, ভুট্টা, চাউল প্রভৃতিতে যে শ্বেতসার থাকে তাহার সংকেত হইল

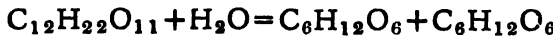
$(C_6H_{10}O_5)_n$; n এর মান ঠিক মত জানা নাই কিন্তু উহা খুব বৃহৎ সংখ্যা। ষ্টার্চঘটিত দ্রব্যগুলিকে জলে সিদ্ধ করিয়া একটু অঙ্কুরিত বার্লি—যাহাকে মল্ট (malt) বলা হয়—মিশাইয়া মিশ্রণটিকে 50° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। এইভাবে সন্ধান প্রক্রিয়া আরম্ভ হয় এবং প্রথমে ডায়াষ্টেজ (diastase) নামক এন্‌জাইম অঙ্কুরিত মল্ট হইতে উৎপন্ন হয় এবং উহা ষ্টার্চের আর্দ্র বিশ্লেষণ সংঘটিত করে। $2(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_{12}H_{22}O_{11}$

শ্বেতসার বা ষ্টার্চ মল্টোজ

এই বিক্রিয়া আধঘণ্টার ভিতরেই সংঘটিত হয়। ইহার পর দ্রবণটিকে 15° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় শীতল করিয়া উহাতে ঈষ্টের গুঁড়া যোগ করা হয়। তখন ঈষ্ট হইতে উৎপন্ন মলটেজ নামক এন্‌জাইম দ্বারা মল্টোজ আর্দ্রবিশ্লেষিত হইয়া গ্লুকোজে পরিণত হয়। পরে ঈষ্ট হইতে উৎপন্ন জাইমেজ নামক এন্‌জাইম গ্লুকোজকে সন্ধান প্রক্রিয়া দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহলে পরিণত করে। এই বিক্রিয়া সংঘটিত হইবার সময় উষ্ণতা 30° সেন্টিগ্রেডের উপর উঠিতে দেওয়া হয় না এবং বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইতে প্রায় 4 দিন সময় লাগে।

$$C_6H_{12}O_6 = 2C_2H_5OH + 2CO_2.$$

(ii) আখের গাঢ় রসকে কেলাসিত করিলে ইক্ষু শর্করা উৎপন্ন হয়। কেলাসিত ইক্ষুশর্করা অপসারিত করার পর যে দ্রবণ (mother liquor) পড়িয়া থাকে তাহাই ঝোলা গুড় এবং উহাতে অনেকখানি ইক্ষুশর্করা থাকে। ইহাতে ঈষ্টের গুঁড়া মিশাইয়া দিলে ঈষ্ট হইতে উৎপন্ন এন্‌জাইম ইন্‌ভারটেজ প্রথমে ইক্ষুশর্করাকে গ্লুকোজে পরিণত করে এবং ঈষ্ট হইতে উৎপন্ন জাইমেজ নামক এন্‌জাইম গ্লুকোজকে ইথাইল অ্যালকোহল এবং কার্বন ডাই-অক্সাইডে পরিণত করে।.

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

ইক্ষুশর্করা বা স্যুক্রোজ — দ্রাক্ষাশর্করা বা গ্লুকোজ — ফলশর্করা বা ফ্রুক্টোজ

শ্বেতসার হইতে বা গুড় হইতে এইভাবে সন্ধান প্রক্রিয়া দ্বারা উৎপন্ন দ্রবণে শতকরা 6 হইতে 10 ভাগ ইথাইল অ্যাল্‌কোহল থাকে, কিন্তু উহাতে অ্যালকোহলের পরিমাণ কখনই শতকরা 15 ভাগের উপর যাইতে দেওয়া হয় না, কারণ তাহা হইলে ঈষ্ট মরিয়া যায়। এই পাতলা অ্যাল্‌কোহলের দ্রবণকে কফির পাত্রে

(Coffey's still) লইয়া আংশিক-পাতন প্রক্রিয়া সংঘটিত করিলে একেবারেই শতকরা আশি হইতে নব্বই ভাগ ইথাইল অ্যালকোহলযুক্ত দ্রবণ-পাওয়া যায়। কফির পাত্রে দুইটি লম্বা আংশিক-পাতন স্তম্ভ লাগানো থাকে এবং এই পাত্র দুইটির ভিতর একসারি নলের মধ্য দিয়া একদিকে পাতলা ইথাইল অ্যালকোহলের দ্রবণ চালনা করা হয় এবং প্রথম সারি নলের বাহির দিয়া অবস্থিত অন্য একসারি নলের ভিতর দিয়া উল্টাদিকে ষ্টীম চালনা করা হয়। ষ্টীম অ্যাল্‌কোহলকে বাষ্পে পরিণত করে এবং সেই বাষ্প স্তম্ভের উপরিভাগে তরল হইয়া জমা হয়। সেখান হইতে অ্যাল্‌কোহলের 80—90% দ্রবণকে গ্রাহকে লইয়া আসা হয়। এইভাবে আংশিক পাতনক্রিয়া চালনা করিবার ফলে শতকরা 95·6 ভাগ যুক্ত অ্যাল্‌কোহলের দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহাকেই রেক্টিফায়েড স্পিরিট (rectified spirit) বলে।

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ (absolute) ইথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করিতে হইলে রেক্টিফায়েড স্পিরিটে পাথুরে চুন (CaO) যোগ করিয়া একরাত্রি রাখিয়া দিতে হয়। পরে পাতন ক্রিয়া দ্বারা উহা হইতে 99·5% ইথাইল অ্যালকোহলের দ্রবণ পাওয়া যায়। শেষ জলটুকু তাড়াইতে হইলে উক্ত পাতিত ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত ধাতব সোডিয়াম বা ধাতব ক্যালসিয়াম যোগ করিয়া কিছুক্ষণ রাখিয়া দিয়া পুনঃ পাতিত করা হয়। ইথাইল অ্যালকোহলে অতি সামান্য জল থাকিলে তাহাতে নির্জলিত কপার সলফেটের গুঁড়া (সাদা) যোগ করিয়া তাহা বুঝা যায়, কারণ উহা সামান্য জলের উপস্থিতিতে নীল হইয়া যায়।

(ii) **ইথিলিন হইতে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপাদন :**—বর্তমানে আমেরিকায় এই পদ্ধতিতে সমস্ত প্রয়োজনীয় অ্যালকোহলের শতকরা 57·5 ভাগ উৎপন্ন করা হয়। ইথিলিনকে ধূমায়মান সলফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা শোষিত করিলে ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_4 + H_2SO_4 = C_2H_5HSO_4$$

এইভাবে উৎপন্ন ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেটকে শতকরা 50 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণ সহযোগে ফুটাইলে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয় :

$$C_2H_5HSO_4 + H_2O = C_2H_5OH + H_2SO_4.$$

পাতন ক্রিয়া দ্বারা ইথাইল অ্যালকোহল সংগ্রহ করা হয়। জল হইতে ইহাকে মুক্ত করিতে হইলে উহার সহিত বেনজিন (Benzene) মিশাইয়া উহা পাতিত

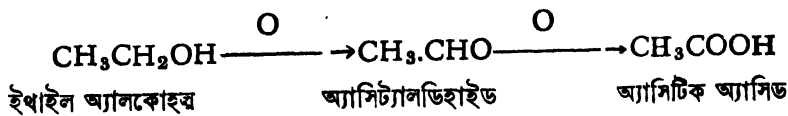
করা হয়। প্রথমে 65° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বেনজিন, অ্যালকোহল ও জলের মিশ্রণ বাষ্পাকারে চলিয়া যায়, পরে 68·25° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বেনজিন ও অ্যালকোহলের মিশ্রণের বাষ্প উদ্ভূত হয় এবং সর্বশেষে 78·5° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিশুদ্ধ একেবারে জলবিহীন ইথাইল অ্যালকোহল পাতিত হয়।

মেথিলেটেড স্পিরিট (Methylated spirit) :—রেক্টিফায়েড স্পিরিটে কতকগুলি বিষাক্ত অপদ্রব্য, যথা মিথাইল অ্যালকোহল (শতকরা 10 ভাগ), পিরিডিন (pyridine C_5H_5N), পেট্রোলিয়াম হইতে উদ্ভূত ন্যাপথা প্রভৃতি মিশাইয়া উহাকে পানের অযোগ্য করা হয়। এই মিশ্রণকে মেথিলেটেড স্পিরিট বলে। ভারতে রেক্টিফায়েড স্পিরিটে 0·5% কুচুসিন [Caoutchoucine, সালফারযুক্ত (vulcanised) রবারের পাতনক্রিয়া হইতে উৎপন্ন] এবং 0·5% পিরিডিন মিশাইয়া মেথিলেটেড স্পিরিট উৎপন্ন করা হয়। ইহার ক্রয়-বিক্রয়ে কোন কর (duty) লাগে না। ইহা রং এবং বার্ণিশ তৈয়ারী করিতে, কোন কোন রাসায়নিক দ্রব্য প্রস্তুতে, দ্রাবক হিসাবে এবং গৃহস্থালীর কার্যে ব্যবহৃত হয়।

ইথাইল অ্যালকোহলের ধর্ম :—ভৌতধর্ম :—ইথাইল অ্যালকোহল একটি উদ্বায়ী বর্ণহীন মিষ্টগন্ধযুক্ত তরল। ইহা উগ্র স্বাদবিশিষ্ট। ইহা জলের সহিত যে কোন অনুপাতে মিশ্রিত হইতে পারে এবং মিশ্রণ উৎপাদনের সময় তাপ উদ্ভূত হয়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 78·5° সেন্টিগ্রেড, ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·789। ইহা দাহ্য পদার্থ। ইহাকে এককভাবে উত্তপ্ত করিলে 800° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত ইহার কোন পরিবর্তন হয় না, কিন্তু অ্যালুমিনার (Al_2O_3) উপস্থিতিতে 360° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত উত্তপ্ত করিলেই ইহা ইথিলিনে পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম :—এই অ্যালকোহলে (-OH) মূলকের সমস্ত ধর্মই বিদ্যমান। ইহাও একটি প্রাইমারী অ্যালকোহল, তাই ইহার জারণের ফলে প্রথমে অ্যাসিট্যাল-ডিহাইড এবং পরে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$CH_3CH_2OH \xrightarrow{O} CH_3.CHO \xrightarrow{O} CH_3COOH$$

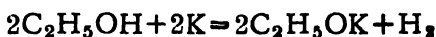
ইথাইল অ্যালকোহল অ্যাসিট্যালডিহাইড অ্যাসিটিক অ্যাসিড

এই জারণ প্রক্রিয়া ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে ঘটিয়া থাকে। অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাইতে হইলে মিশ্রণকে অধিকক্ষণ ধরিয়া উত্তপ্ত করিতে হয়। প্লাটিনাম

ঘটিত অ্যাসবেসটসের উপর দিয়া বায়ু মিশ্রিত অ্যালকোহলের বাষ্প চালনা করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

ইহাতে সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ধাতু যোগ করিলে প্রবলভাবে বিক্রিয়া ঘটিয়া সোডিয়াম বা পটাসিয়াম ইথক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

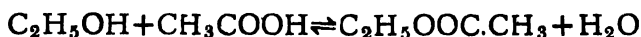
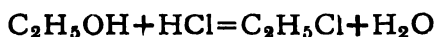
$$2C_2H_5OH+2K=2C_2H_5OK+H_2$$

পটাসিয়াম ইথক্সাইড

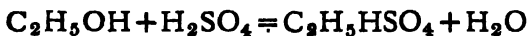
তুলনামূলকভাবে $2H_2O+2K=2KOH+H_2$.

নিরুদক পদার্থের (যথা, গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড, জিঙ্ক ক্লোরাইড প্রভৃতি) উপস্থিতিতে জৈব এবং খনিজ অ্যাসিডের সহিত ইথাইল অ্যালকোহল বিক্রিয়া করিয়া এস্‌টার (ester, জৈবলবণ) এবং জল উৎপাদন করে; জল নিরুদক পদার্থগুলি দ্বারা শোষিত হয়।

$$C_2H_5OH+CH_3COOH \rightleftharpoons C_2H_5OOC.CH_3+H_2O$$

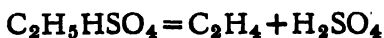
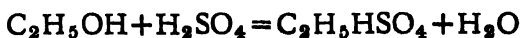
ইথাইল অ্যাসিটেট
(এস্‌টার)

$$C_2H_5OH+HCl=C_2H_5Cl+H_2O$$

ইথাইল ক্লোরাইড

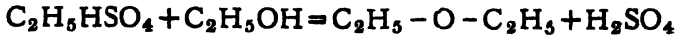
গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত তিনভাবে বিক্রিয়া করিয়া থাকে :—

(ক) প্রায় 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট উৎপন্ন হয় : $C_2H_5OH+H_2SO_4=C_2H_5HSO_4+H_2O$

ইথাইল হাইড্রোজেন সলফেট

(খ) বেশী অ্যাসিড যোগ করিয়া 165° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিক্রিয়ার ফলে ইথিলিন উৎপন্ন হয় : $C_2H_5OH+H_2SO_4=C_2H_5HSO_4+H_2O$

$$C_2H_5HSO_4=C_2H_4+H_2SO_4$$

ইথিলিন

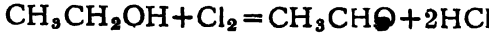
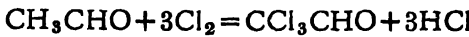
(গ) যদি ইথাইল অ্যালকোহল বেশী পরিমাণে যোগ করিয়া 140° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বিক্রিয়া করান হয় তাহা হইলে ইথার উৎপন্ন হয়।

$$C_2H_5HSO_4 + C_2H_5OH = C_2H_5 - O - C_2H_5 + H_2SO_4$$

ডাইইথাইল ইথার

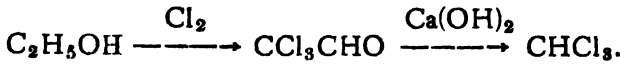
ইথাইল অ্যালকোহলের ভিতর ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করিলে প্রথমে উহা জারিত হইয়া অ্যাসিট্যাল্‌ডিহাইডে পরিণত হয়; বেশী পরিমাণে ক্লোরিণ চালনা করিলে উহা ট্রাইক্লোরো অ্যাসিট্যাল্‌ডিহাইড বা ক্লোরাল গঠিত করে।

$$CH_3CH_2OH + Cl_2 = CH_3CHO + 2HCl$$

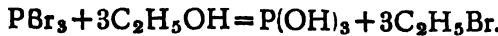
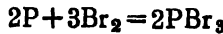
অ্যাসিট্যালডিহাইড

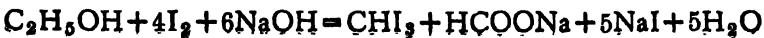
$$CH_3CHO + 3Cl_2 = CCl_3CHO + 3HCl$$

ক্লোরাল

ব্লিচিং পাউডারের সহিত ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ার ফলে ক্লোরোফর্ম উৎপন্ন হয়।

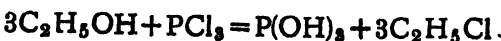
$$C_2H_5OH \xrightarrow{Cl_2} CCl_3CHO \xrightarrow[\text{ব্লিচিং পাউডার হইতে}]{Ca(OH)_2} CHCl_3.$$

ইথাইল অ্যালকোহলে লাল ফস্‌ফোরাস এবং ব্রোমিন বা আয়োডিন যোগ করিলে ইথাইল ব্রোমাইড বা ইথাইল আয়োডাইড উৎপন্ন হয়।

$$2P + 3Br_2 = 2PBr_3$$

$$PBr_3 + 3C_2H_5OH = P(OH)_3 + 3C_2H_5Br.$$

ক্ষারের উপস্থিতিতে ইথাইল অ্যালকোহলে যথেষ্ট পরিমাণে আয়োডিন যোগ করিয়া সামান্য উত্তপ্ত করিলে আয়োডোফর্ম উৎপন্ন হয়। ইহার গন্ধ ও হরিদ্রাভ কেলাস ইহাকে সহজেই চিনাইয়া দেয়। তাই ইথাইল অ্যালকোহল অতি সামান্য পরিমাণেও দ্রবণে বর্তমান থাকিলে এই পরীক্ষা দ্বারা তাহার অভীক্ষণ নিষ্পন্ন করা যায়।

$$C_2H_5OH + 4I_2 + 6NaOH = CHI_3 + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$$

ফসফোরাস পেণ্টাক্লোরাইড বা ফস্‌ফোরাস ট্রাইক্লোরাইড ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া ইথাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$C_2H_5OH + PCl_5 = C_2H_5Cl + POCl_3 + HCl$$

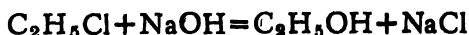
$$3C_2H_5OH + PCl_3 = P(OH)_3 + 3C_2H_5Cl.$$

এই বিক্রিয়া হইতেই ইথাইল অ্যালকোহলে একটি (-OH) মূলকের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

মিথাইল ও ইথাইল অ্যালকোহলের পার্থক্য:—(i) ইথাইল অ্যালকোহলে কষ্টিক সোডা যোগ করিয়া 70° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করতঃ আয়োডিন যোগ করিয়া আয়োডিনের ফিকে হলুদ রং উৎপন্ন করা হয় এবং পরে উহাকে ঠাণ্ডা করা হয়। ইহাতে বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত আয়োডোফর্মের কেলাস উৎপন্ন হয়। মিথাইল অ্যালকোহলের সহিত কষ্টিক সোডা ও আয়োডিনের এইরূপ কোন বিক্রিয়া হয় না।

(ii) পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া পাতিত করিলে মিথাইল অ্যালকোহল হইতে ফরমিক অ্যাসিডের দ্রবণ এবং ইথাইল অ্যালকোহল হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

উৎপন্ন দ্রবণকে প্রশমিত করিয়া সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করিয়া জলগাহে মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিলে ফরমিক অ্যাসিডের ক্ষেত্রে কালো ধাতব সিলভারের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইবে এবং অ্যাসিট্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে সাদা ধাতব সিলভার পরীক্ষানলের গায়ে আয়নার মত জমা হইবে। ইহা হইতে অ্যালকোহল দুইটিকে চেনা যাইবে। উপরন্তু যদি উৎপন্ন পাতিত দ্রব্যে প্রশমন প্রক্রিয়ার পর সিফের বিকারক (Schiff's reagent, ম্যাজেণ্টা দ্রবণে সলফার ডাই-অক্সাইড চালনা করিয়া লাল রং নষ্ট করা হয়) যোগ করা হয় তাহা হইলে ফরমিক অ্যাসিডে কোন বিক্রিয়া হয় না, অ্যাসিট্যালডিহাইডের ক্ষেত্রে পূর্বের লাল রং ফিরিয়া আসে।

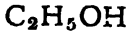
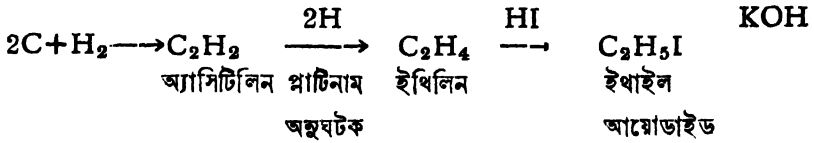
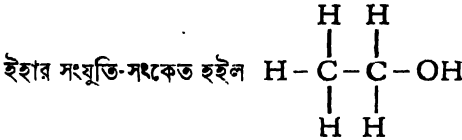
ইথাইল অ্যালকোহলের সংযুতি-সংকেত:—ইথাইল অ্যালকোহলের অণুতে একটি (-OH)-মূলক আছে তাহা ফসফোরাস পেণ্টাক্লোরাইডের সহিত ইহার বিক্রিয়ায় প্রমাণিত হয়। ইথাইল ক্লোরাইড হইতে কষ্টিক সোডার জলীয় দ্রবণের সহিত উহার বিক্রিয়া ঘটাইয়া ইহাকে উৎপন্ন করা হয়। ইহা হইতেও অ্যালকোহলের একটি অণুতে একটি (-OH)-মূলকের অবস্থিতি প্রমাণিত হয়।

$$C_2H_5Cl + NaOH = C_2H_5OH + NaCl$$

কার্বন ও হাইড্রোজেন হইতে ইহার সংশ্লেষণ ইহার সংযুতি-সংকেত পুরাপুরিভাবে প্রমাণিত করে।

$$2C + H_2 \longrightarrow C_2H_2 \xrightarrow[\text{প্লাটিনাম অনুঘটক}]{2H} C_2H_4 \xrightarrow{HI} C_2H_5I \xrightarrow{KOH} C_2H_5OH$$

অ্যাসিটিলিন (C_2H_2), ইথিলিন (C_2H_4), ইথাইল আয়োডাইড (C_2H_5I), ইথাইল অ্যালকোহল (C_2H_5OH)।

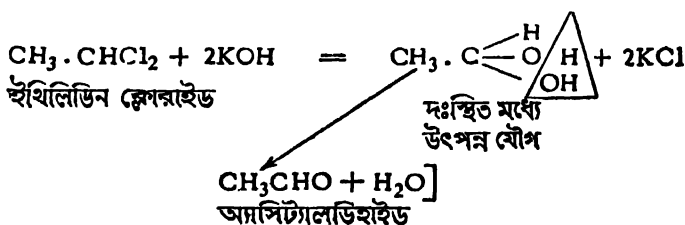
ইহার সংযুক্তি-সংকেত হইল

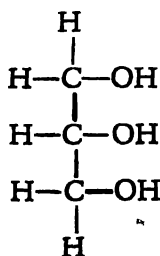
$$\begin{array}{ccccc} & H & & H & \\ & | & & | & \\ H- & C & - & C & -OH \\ & | & & | & \\ & H & & H & \end{array}$$

ইথাইল অ্যালকোহলের ব্যবহার :—ইথাইল অ্যালকোহল মেথিলেটেড স্পিরিট প্রস্তুত করিতে, ক্লোরোফর্ম, আয়োডোফর্ম, ইথার, অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রভৃতি উৎপাদন করিতে, এবং স্বচ্ছ সাবান ও চুলের ধৌতকরণের উপাদান প্রস্তুতে, বলকারক টনিক ও টিঙ্চার প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। প্রধান ব্যবহার উল্লেখ করিতে হইলে ইহার নানাপ্রকার পানীয় মদে (যথা, বিয়ার, পোর্ট, হুইস্কি, ব্র্যাণ্ডি, জিন ইত্যাদি) ব্যবহারের কথা বলিতে হয়। নানাপ্রকার জৈব যৌগ প্রস্তুতেও অ্যালকোহল ব্যবহৃত হইয়া থাকে। রঞ্জন শিল্পে এবং কৃত্রিম রেশম প্রস্তুতে, দ্রাবক হিসাবে, মোটর গাড়ীর জ্বালানি হিসাবে, মোটরের রেডিএটারে জলের সহিত মিশাইয়া শৈত্য-প্রধান দেশে জলের বরফ হওয়া বন্ধকরণে ইহা ব্যবহৃত হয়। সূচীবেধ করিয়া ঔষধ প্রয়োগের সময় জীবাণু-নাশক ঔষধরূপে সূচ ধুইতে ইথাইল অ্যালকোহল ব্যবহার করা হইয়া থাকে, কিন্তু ইহা অ্যালকোহলের অবিশেষ ব্যবহার (minor use)। স্পিরিটল্যাম্পেও সামান্য স্পিরিট খরচ হইয়া থাকে।

গ্লিসারিণ (Glycerine বা Glycerol), $C_3H_8O_3$:—

ইহার কথা আগেই বলা হইয়াছে। ইহা একটি ট্রাইহাইড্রিক অ্যালকোহল এবং ইহার অণুতে দুইটি প্রাইমারী অ্যালকোহলের মূলক ($-CH_2OH$) এবং একটি সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলের মূলক ($=CHOH$) বিদ্যমান দেখা যায়। উদ্ভিজ্জতৈল ও প্রাণীজচর্বি হইতে কষ্টিকসোডা দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটাইয়া সাবান উৎপাদনের সময় ইহা দ্রবণে উৎপন্ন হয়। উদ্ভিজ্জতৈলে ও প্রাণীজচর্বিতে গ্লিসারিণের সহিত উচ্চ আণবিক ওজনবিশিষ্ট জৈব অ্যাসিডের সংযোগের ফলে উৎপন্ন এস্টার

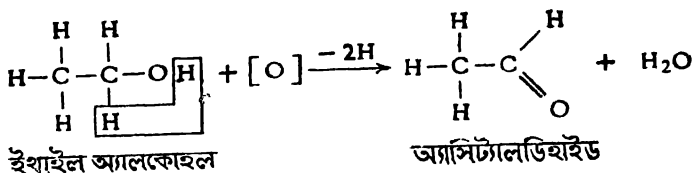
(গ্লিসারাইড) বর্তমান থাকে। তাই আর্দ্রবিশ্লেষণ সংঘটিত করিলে জৈব অ্যাসি-ডের সোডিয়াম-লবণ (Sodium salts of organic acids of higher fatty series ইহাকেই সাবান বলা হয়) এবং গ্লিসারল উৎপন্ন হয়। সাবানকে সোডি-য়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া কঠিন অবস্থায় আনিয়া সরাইয়া লইলে যে দ্রবণ পড়িয়া থাকে তাহাতে গ্লিসারিণ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে এবং উহার সহিত কিছু ক্ষার ও লবণ মিশ্রিত থাকে। অনুপ্রেষ পাতনের (vacuum distillation) সাহায্যে জলকে বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইলে গ্লিসারিণ পাওয়া যায়। তবে এই প্রক্রিয়ার পূর্বে অ্যাসিড যোগ করিয়া ক্ষারকে প্রশমিত করা হয় এবং পরিস্রাবণ প্রক্রিয়া দ্বারা পরিষ্কার দ্রবণ পাওয়া যায়। এই দ্রবণকে অ্যাসিডমুক্ত করিয়া কমচাপে জল বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইলে উহা ঘনীভূত হইয়া সিরাপের মত তরলে পরিণত হয়। এই ঘনীভূত তরলকে কমচাপে ষ্টীম দ্বারা পাতিত করিলে বিশুদ্ধ গ্লিসারিণ পাওয়া যায়।

গ্লিসারিণ বর্ণহীন গন্ধহীন মিষ্ট স্বাদ বিশিষ্ট তরল পদার্থ। ইহার অণুতে যে তিনটি ($-OH$) মূলক আছে তাহা তিনটি বিভিন্ন কার্বন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত থাকে। [একই কার্বন পরমাণুতে দুইটি ($-OH$) মূলক সংযুক্ত থাকিতে পারে না, কারণ উহা সরাসরি জল ত্যাগ করিয়া অন্য পদার্থে পরিণত হয়। যেমন,

তাই ইহার সংযুতি সংকেত (যাহা ইহার কার্বন ও হাইড্রোজেন হইতে সংশ্লেষণ দ্বারা স্থিরীকৃত হইয়াছে) হইল

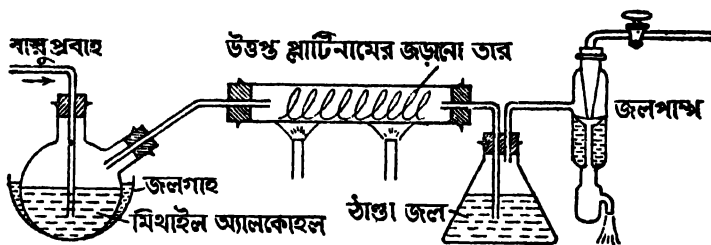
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H-C-OH \\ | \\ H \end{array}$$

ইহাতে ($-OH$) মূলকের সমস্ত রাসায়নিক ধর্মই বিদ্যমান দেখা যায়। ইহা নাইট্রোগ্লিসারিণ বা নোবেলের তৈল (Nobel's oil) নামক বিস্ফোরক প্রস্তুতে, ঔষধে ও প্রসাধন দ্রব্যে ব্যবহৃত হয়।

অ্যালডিহাইডসমূহ (Aldehydes) :—প্রাইমারী অ্যালকোহলকে জারিত করিলে উহাদের ভিতর বর্তমান—CH_2OH পুঞ্জ হইতে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া জল গঠন করিয়া অপসারিত হয় ইহার ফলে যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহাদের শ্রেণীগত নাম হইল অ্যালডিহাইড [Aldehyde=al(cohol) dehyde(rogenatum)]।

যেমন,

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3-CH_2-OH} + [O] \xrightarrow{-2H} \underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3-C\begin{matrix}H \\ \| O\end{matrix}} + H_2O$$

অ্যালডিহাইড মাত্রেই $-C\begin{matrix}H\\ \| O\end{matrix}$ পুঞ্জ বিদ্যমান দেখা যায় এবং ইহাদের সাধারণ সংকেত হইল RCHO, যেখানে R দ্বারা যে কোন অ্যালক্যাইল গ্রুপকে বুঝায়।

ফরম্যালডিহাইড, HCHO :—মিথাইল অ্যালকোহলকে জারিত করিলে ফরম্যালডিহাইড পাওয়া যায়। সাধারণ সংকেতে Rকে H ধরিলেই ফরম্যাল্-

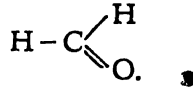
চিত্র নং—15

ডিহাইডের সংকেত পাওয়া যায়। 40° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় জলগাহের উপর ফ্লাস্কে মিথাইল অ্যালকোহল লইয়া উহার ভিতর দিয়া বায়ু চালনা করিয়া মিথাইল অ্যালকোহলের বাষ্প এবং বায়ুর মিশ্রণ উৎপাদন করিয়া সিলভারের তারজালির

উপর দিয়া 550°—600° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় অথবা প্লাটিনামের তারের শিকলকে 500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া প্রবাহিত করিলে তীব্র গন্ধযুক্ত ফর্মালডিহাইডের বাষ্প উৎপন্ন হয়। এই ফরম্যালডিহাইডের বাষ্পকে বরফে নিমজ্জিত ফ্লাস্কে জল শীতল করিয়া উক্ত শীতল জলে শোষণ করিয়া 30—40% ফরম্যাল-ডিহাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়। ইহার শতকরা 40 ভাগ যুক্ত জলীয় দ্রবণকে ফরম্যালিন (formalin) বলে। এই দ্রবণে অপরিবর্তিত মিথাইল অ্যালকোহলের বাষ্প আসিয়া দ্রবীভূত হইয়া মিশিয়া যায়। এই মিথাইল অ্যালকোহল থাকার জন্যই ফরম্যালডিহাইডের বহু অণু একত্রিত হইয়া উহার বড় অণু গঠিত হইতে পারে না।

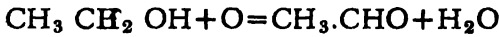
ফরম্যালডিহাইড একটি গ্যাস। ইহার গন্ধ খুবই ঝাঁঝালো। শৈত্য প্রয়োগে ইহাকে তরল পদার্থে পরিণত করা যায় এবং সেই তরলের স্ফুটনাঙ্ক −21° সেন্টিগ্রেড। ইহাকে সহজেই জারিত করিয়া ফরমিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায় এবং বিজারিত করিয়া মিথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন করা যায়।

ব্যবহার ঃ ফরম্যালডিহাইড জীবাণুনাশক হিসাবে (antiseptic) এবং বীজ-বারক (disinfectant) হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ফরম্যালিন হইতে বাষ্প উৎপন্ন করিয়া সেই বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে সাদা পদার্থ পাওয়া যায়; উক্ত সাদা পদার্থকে প্যারাফর্ম (paraform) বলে। ফরম্যালিন বায়োলজিশাস্ত্র-পাঠে এবং ডাক্তারী-শাস্ত্র অধ্যয়নে প্রয়োজনীয় জীবজন্তুর অবশেষ রক্ষা করিতে ব্যবহৃত হয়। ইহা শিরিষ ও জিলেটিনকে (gelatin) শক্ত করিয়া দেয়। সেইজন্য ইহা চর্মশিল্পে ব্যবহৃত হয়। চামড়ার পারিপাট্য সংবিধান করিতে ট্যানিন প্রয়োজন হয় এবং সেই ট্যানিন প্রস্তুত করিতে ফরম্যালডিহাইড ব্যবহার করা হয়। তাহা ছাড়া প্লাষ্টিক-শিল্পে ইহা বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। বেকেলাইট (Bakelite), প্লাসকন (Plaskon) ও গ্যালালিথ (Gallalith) নামক প্লাষ্টিক ফরম্যালডিহাইড ব্যবহার করিয়া উৎপাদন করা হয়। অ্যামোনিয়ার উপস্থিতিতে ফিনল বা কার্বলিক অ্যাসিড এবং ফরম্যালডি-হাইডকে উত্তপ্ত করিলে শক্ত রজন জাতীয় প্লাষ্টিক উৎপন্ন হয়—তাহাকেই বেকেলাইট বলা হয়। একবার শক্ত হইয়া গেলে ইহাকে আর উত্তাপ দিয়া গলানো যায় না। এই প্লাষ্টিক তড়িতের অপরিবাহী, তাই ইহা প্রধানতঃ বৈদ্যুতিক সুইচ (Switch) প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। রেকর্ড প্রস্তুতে এবং ফাউণ্টেন পেনের খোল উৎপাদন করিতেও ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। গ্যালালিথ নামক প্লাষ্টিক কেসিন নামক দুগ্ধ হইতে উৎপন্ন প্রোটিন ও ফরম্যালডিহাইড হইতে প্রস্তুত করা হয়। এই প্লাষ্টিক বোতাম,

ক্লিপ ইত্যাদি প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। ফরম্যালডিহাইডের সহিত ল্যাক্টোজ মিশ্রিত করিয়া ফরমামিণ্ট নামক লজেঞ্জস্ প্রস্তুত করা হয় এবং উহা গলার ব্যাধির চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়। ফরম্যালডিহাইডের সংযুতি সংকেত হইল

$$H-C\begin{matrix}\diagup H \\ \diagdown\!\!\diagdown O.\end{matrix}$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড (Acetaldehyde), CH_3 CHO

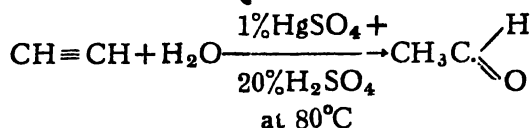
পরীক্ষাগারে ইথাইল অ্যালকোহলে পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে দ্রবণের বর্ণ সবুজ হইয়া যায় এবং দ্রবণে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

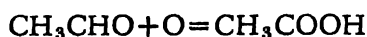
$$CH_3\ CH_2\ OH+O=CH_3.CHO+H_2O$$

এই সবুজ দ্রবণকে পাতন ফ্লাস্কে লওয়া হয় এবং বালিখোলার উপর পাতন ফ্লাস্কটিতে বসান হয়। পাতন ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহাতে একটি বিন্দুপাতন ফানেল লাগানো হয় এবং এই বিন্দুপাতন ফানেল হইতে প্রয়োজনমত এক আয়তন অ্যালকোহল ও তাহার প্রায় অর্ধ-আয়তন গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ ফ্লাস্কের সবুজ দ্রবণে যোগ করা হয়। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বের নল একটি লিবিগ শীতকের সহিত সংযুক্ত করা থাকে এবং শীতক দিয়া বরফশীতল জল চালনা করা হয়। বালিখোলায় পাতন ফ্লাস্কটি উত্তপ্ত করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড পাতিত হইয়া থাকে এবং অ্যাডেপ্টারের সাহায্যে গ্রাহকে উহাকে সংগ্রহ করা হয়। উহার সহিত, অ্যালকোহল এবং জলও পাতিত হয় এবং অ্যাসিট্যালডিহাইডের সহিত মিশিয়া থাকে। গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সহিত মিশাইয়া রাখিয়া দিলে জল শোষিত হয় এবং অ্যালকোহলও অপসারিত হয়। পরে পুনঃ পাতন দ্বারা উদ্ভূত অ্যালডিহাইড বরফ দ্বারা শীতলীকৃত ইথারের ভিতর সংগ্রহ করা হয়। এই অ্যাসিট্যালডিহাইডের ইথারীয় দ্রবণে শুষ্ক অ্যামোনিয়া গ্যাস চালনা করিলে অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়ার কেলাস পাওয়া যায়। এইগুলি ফিলটার-কাগজের ভিতর লইয়া শুষ্ক করিয়া গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিট্যালডিহাইড (স্ফুটনাঙ্ক 21° সেন্টিগ্রেড) পাওয়া যায় এবং তাহাকে বরফে শীতল করা গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়।

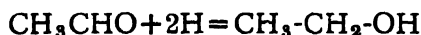
ইথাইল অ্যালকোহলের বাষ্পের সহিত বায়ু মিশাইয়া কপার অনুঘটকরূপে

ব্যবহার করিয়া উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর দিয়া মিশ্রণটিকে চালনা করিলে অ্যাল্‌কোহল জারিত হইয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন করে।

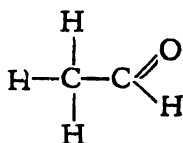
মার্কিউরিক সলফেটের 1% দ্রবণে 20% সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া 80° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় মিশ্রণকে উত্তপ্ত করতঃ উক্ত মিশ্রণের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিন গ্যাস অতিক্রম করাইলে দ্রবণে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

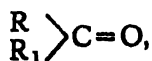
$$CH\equiv CH + H_2O \xrightarrow[\substack{20\% H_2SO_4 \\ \text{at } 80^\circ C}]{1\% HgSO_4 +} CH_3C\begin{matrix} \diagup H \\ \diagdown\!\!\diagdown O \end{matrix}$$

অ্যাসিট্যালডিহাইড জারিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

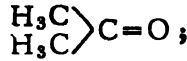
$$CH_3CHO + O = CH_3COOH$$

অ্যাসিট্যালডিহাইডে সোডিয়াম অ্যামালগাম ও জল যোগ করিলে উহা বিজারিত হইয়া ইথাইল অ্যাল্‌কোহলে পরিণত হয়।

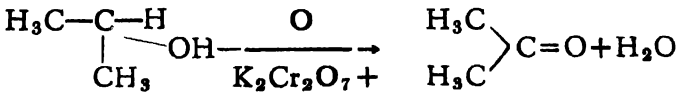
$$CH_3CHO + 2H = CH_3\text{-}CH_2\text{-}OH$$

ব্যবহারঃ—ইহা রং প্রস্তুতে কিছু কিছু ব্যবহৃত হয়। ইহা হইতে উৎপন্ন প্যারালডিহাইড ঘুমের ঔষধরূপে এবং মেটাল্‌ডিহাইড কঠিন ইন্ধনরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। তবে অ্যাসিট্যাল্‌ডিহাইড সাধারণতঃ ইথাইল অ্যাল্‌কোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও বিউটাইল অ্যাল্‌কোহল প্রস্তুতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। নাকে ঘা হইলে অ্যাসিট্যাল্‌ডিহাইড শুঁকিতে দেওয়া হয়। রবারশিল্পে অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া যৌগিক ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

অ্যাসিট্যাল্‌ডিহাইডের সংযুক্তি সংকেত হইল

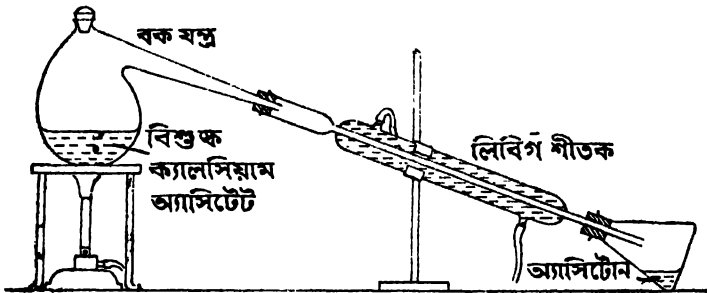
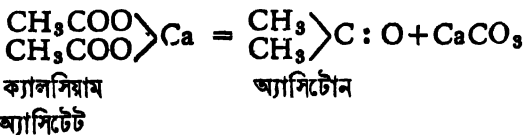
$$H-\overset{\displaystyle H}{\underset{\displaystyle H}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}-C\begin{matrix} \diagup\!\!\diagup O \\ \diagdown H \end{matrix}$$

কিটোন (Ketone): এই জাতীয় যৌগের বৈশিষ্ট্য হইল যে ইহাদের অণুতে **=C=O পুঞ্জ (Carbonyl group)** থাকে এবং এই পুঞ্জের কার্বন পরমাণুর সহিত দুইটি **অ্যালকাইল মূলক (alkyl group)** যুক্ত থাকে। তাই ইহাদের সাধারণ সংযুক্তি-সংকেত হইল

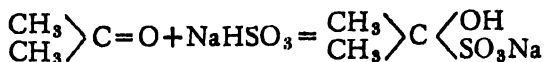
$$\begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix}\!\!>C=O,$$

যেখানে R এবং R_1 দুইটি বিভিন্ন অ্যালকাইল মূলক, যেমন, CH_3, C_2H_5, C_3H_7 ইত্যাদি। দুইটি অ্যালকাইল মূলক একই হইতেও পারে। সর্বাপেক্ষা যে কিটোনটি সরল, তাহাতে R এবং R_1 দুইটি CH_3 মূলক হয় এবং উহার সংযুতি হইল

$$\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} \rangle C=O\,;$$

ইহার নাম অ্যাসিটোন বা ডাইমিথাইল কিটোন। ইহা সাধারণতঃ সেকেণ্ডারী অ্যালকোহলের জারণের দ্বারা উৎপন্ন হয়। যেমন,

$$\underset{\text{আইসোপ্রোপাইল অ্যাল্‌কোহল}}{H_3C{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}{-}H \atop \quad\quad OH} \xrightarrow[K_2Cr_2O_7 + \text{ Conc. } H_2SO_4]{O} \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{\begin{matrix} H_3C \\ H_3C \end{matrix} \rangle C=O} + H_2O$$

অ্যাসিটোন (Acetone), CH_3COCH_3 ; পরীক্ষাগারে অ্যাসিটোন প্রস্তুত করিতে হইলে একটি বকযন্ত্রে শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট লওয়া হয়। বকযন্ত্রটির মুখ একটি লিবিগশীতকের সহিত সংযুক্ত করিয়া একটি লৌহদণ্ডের সহিত ছবিতে দেখান মত আটকানো হয়। বকযন্ত্রটিকে একটি তারজালির উপর বসাইয়া ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়। এইভাবে শুষ্ক ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে অ্যাসিটোন উৎপন্ন হইয়া পাতিত হইয়া থাকে। এই অ্যাসিটোনকে একটি গ্রাহকে তরল অবস্থায় সংগ্রহ করা হয়।

চিত্র নং—16

$$\underset{\text{ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট}}{\begin{matrix} CH_3COO \\ CH_3COO \end{matrix} \rangle Ca} = \underset{\text{অ্যাসিটোন}}{\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix} \rangle C : O} + CaCO_3$$

এই পাতিত অ্যাসিটোনের সহিত সোডিয়াম বাইসলফাইটের সংপৃক্ত দ্রবণ যোগ করা হয়। তাহাতে অ্যাসিটোনের সোডিয়াম বাইসলফাইট যৌগ কেলাসিত হয়।

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C=O+NaHSO_3=\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix}OH\\SO_3Na\end{matrix}$$

এই কঠিন কেলাসিত পদার্থকে পরিস্রাবণ প্রক্রিয়া দ্বারা পৃথক ভাবে সংগ্রহ করা হয় এবং পরে এই কঠিন পদার্থের সহিত সোডিয়াম কার্বনেটের সংপৃক্ত দ্রবণ যোগ করিয়া পাতিত করা হয়। অ্যাসিটোন এবং সামান্য জল পাতিত হয়; এবং এই পাতিত তরলকে গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে রাখিয়া পরে পুনঃ পাতিত করিলে বিশুদ্ধ অ্যাসিটোন পাওয়া যায়।

কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতনের সময় যে জলীয় পাতিত দ্রব্য পাওয়া যায় তাহাকে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড বলে। উহাতে অ্যাসিটোন থাকে সে কথা আগেই উল্লিখিত হইয়াছে। অ্যাসিটোনের পরিমাণ মাত্র 0·5%। গোলাচুনের সাহায্যে পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডে অবস্থিত অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রশমিত করিয়া পরে পাতিত করিলে অ্যাসিটোন ও মিথাইল অ্যালকোহলের মিশ্রণ পাওয়া যায়। এই মিশ্রণকে পাথুরে চুনের সহিত লইয়া আংশিক পাতন ক্রিয়া সম্পন্ন করিলে প্রথমে অ্যাসিটোন (স্ফুটনাঙ্ক 56° সেন্টিগ্রেড) এবং পরে মিথাইল অ্যালকোহল (স্ফুটনাঙ্ক 64·5° সেন্টিগ্রেড) পাওয়া যায়। বিভিন্ন পাত্রে বিভিন্ন অংশ সংগ্রহ করা হয়। অ্যাসিটোনকে জারিত করিলে অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায় এবং সেই সঙ্গে কার্বন ডাইঅক্সাইডও উৎপন্ন হয় তাই উৎপন্ন অ্যাসিডে অ্যাসিটোনের অপেক্ষা কম কার্বন পরমাণু থাকে।

$$CH_3COCH_3+2O_2=CH_3COOH+CO_2+H_2O$$

অ্যাসিটোনকে সোডিয়াম অ্যামালগাম ও জলসহযোগে বিজারিত করিলে আইসো-প্রোপাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়; কিন্তু সময় সময় উপজাতরূপে একটি ডাইহাইড্রিক অ্যালকোহল, পিনাকল (pinacol) উৎপাদিত হয়।

$$CH_3COCH_3+2H=CH_3CH(OH)CH_3$$

আইসোপ্রোপাইল অ্যালকোহল

$$\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C:O+2H+O:<\!\!\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}=\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}\!\!>C(OH)-C(OH)<\!\!\begin{matrix}CH_3\\CH_3\end{matrix}$$

পিনাকল বা পিনাকোন

ব্যবহার ঃ—অ্যাসিটোন প্রধানতঃ নাইট্রোসেলুলোজের দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। অ্যাসিটিলিনকে উচ্চচাপে দ্রাবিত করিয়া রাখার জন্যও অ্যাসিটোন ব্যবহৃত হয়। সলফোন্যাল নামক ঘুমের ঔষধ, আয়রোণ নামক কৃত্রিম সুগন্ধি, করডাইট নামক ধূমবিহীন বন্দুকের পাউডার, এবং প্লেক্সিগ্লাস নামক অভঙ্গুর কাচ প্রস্তুত করিতে অ্যাসিটোনের ব্যবহার হইয়া থাকে। সময় সময় অ্যাসিটোন হইতে ক্লোরোফর্ম ও আয়োডোফর্ম প্রস্তুত করা হয়।

অ্যাসিটোনের সংযুতি সংকেত হইল
$$\begin{array}{ccccccc} & & H & & O & & H \\ & & | & & \| & & | \\ H & - & C & - & C & - & C & - & H \\ & & | & & & & | \\ & & H & & & & H \end{array}$$

জৈব অ্যাসিডসমূহ (Acids)**ঃ** পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে অ্যাল্‌ডিহাইডকে জারিত করিলে অ্যাসিড পাওয়া যায়। অ্যাল্‌ডিহাইডের—CHO মূলক জারণের ফলে একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া —COOH মূলকে পরিণত হয়। জৈব অ্যাসিড মাত্রেরই অণুতে—COOH মূলক থাকিবেই। এই—COOH মূলককে কার্বক্সিল (Carboxyl) মূলক বলে এবং ইহার যোজ্যতা এক।

$$\underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{H-\underset{\displaystyle H}{\underset{|}{C}}=O} + O = \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HC\begin{smallmatrix} \nearrow O \\ \searrow OH \end{smallmatrix}}$$

$$\underset{\text{অ্যাসিট্যালডিহাইড}}{CH_3\overset{\displaystyle H}{\overset{|}{C}}=O} + O = \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3C\begin{smallmatrix} \nearrow OH \\ \searrow O \end{smallmatrix}}$$

$$\underset{\text{মিথেন}}{CH_4} \xrightarrow[\text{Cl}_2\text{ যোগ করিলে}]{\text{বিশেষ সাবধানতায়}} \underset{\text{মিথাইল ক্লোরাইড}}{CH_3Cl} \xrightarrow{KOH} \underset{\text{মিথাইল অ্যালকোহল}}{CH_3OH} \xrightarrow{O} \underset{\text{ফরম্যালডিহাইড}}{HCHO} \xrightarrow{O} \underset{\text{ফরমিক অ্যাসিড}}{HCOOH}$$

[শেষ প্রক্রিয়াগুলি জারণ প্রক্রিয়া]

$$CH_4 \xrightarrow[\text{সহকারে Cl}_2\text{ যোগ করিলে}]{\text{বিশেষ সাবধানতা}} CH_3Cl \xrightarrow[\text{সোডিয়াম}]{\text{ধাতব}} \underset{\text{ইথেন}}{C_2H_6} \xrightarrow{Cl_2} \underset{\text{ইথাইল ক্লোরাইড}}{C_2H_5Cl} \xrightarrow{KOH}$$

$$\underset{\text{ইথাইল অ্যালকোহল}}{C_2H_5OH} \xrightarrow{O} \underset{\text{অ্যাসিটালডিহাইড}}{CH_3CHO} \xrightarrow{O} \underset{\text{অ্যাসিটিক অ্যাসিড}}{CH_3COOH}$$

[শেষের বিক্রিয়াগুলি জারণ প্রক্রিয়া]

এই পর্যন্ত যাহা আলোচিত হইয়াছে তাহা হইতে দেখা যাইতেছে যে, হাইড্রো-

কার্বনের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ক্রমঃপরিবর্তনের ফলে অ্যালকোহল, অ্যাল্‌ডিহাইড এবং অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

স্নেহ পদার্থ (তৈল বা চর্বি) হইতে সাধারণতঃ এই শ্রেণীর অ্যাসিড পাওয়া যায়, তাই এই অ্যাসিডগুলিকে অনেক সময় **স্নেহজ** (fatty) অ্যাসিড বলা হয়। এই শ্রেণীর অ্যাসিডগুলির সাধারণ সংকেত হইল R.COOH, R যে কোন একটি অ্যালকাইল মূলক হইতে পারে।

বহু জৈব অ্যাসিডে একটির বেশীও কার্বক্সিলমূলক থাকিতে দেখা যায়। দুইটি কার্বক্সিলমূলক যুক্ত জৈব অ্যাসিডকে ডাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বলে, তিনটি কার্বক্সিলমূলক যুক্ত জৈব অ্যাসিডকে ট্রাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বলে, আর একটি থাকিলে তাহাকে মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড বলা হয়।

ফরমিক অ্যাসিড, $HCOOH$;

অ্যাসিটিক অ্যাসিড, CH_3COOH

প্রপিয়নিক অ্যাসিড, C_2H_5COOH

ইত্যাদি মনো-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড।

অক্স্যালিক অ্যাসিড
$$\begin{array}{l} COOH \\ | \\ COOH \end{array}$$

সাক্সিনিক অ্যাসিড
$$\begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{array}$$

টারটারিক অ্যাসিড
$$\begin{array}{l} CH(OH)COOH \\ | \\ CH(OH)COOH \end{array}$$

ইত্যাদি ডাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড।

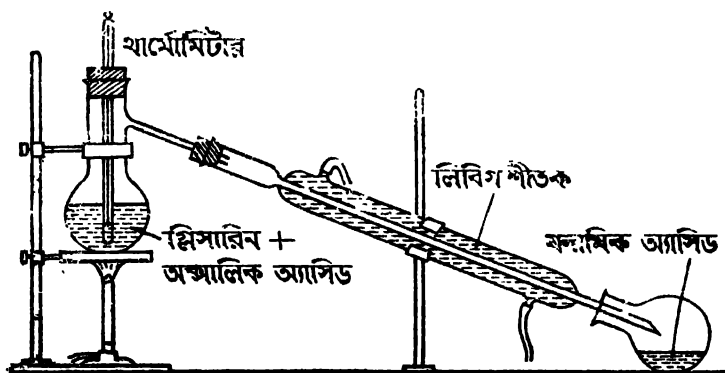
সাইট্রিক অ্যাসিড
$$\begin{array}{l} CH_2COOH \\ | \\ C(OH)COOH \\ | \\ CH_2COOH \end{array}$$

একটি ট্রাই-কার্বক্সিলিক অ্যাসিড।

এই অ্যাসিডগুলি জলীয় দ্রবণে তড়িৎ-বিয়োজনের ফলে আয়নে বিশ্লিষ্ট হইয়া H^+ – আয়ন উৎপন্ন করে। $CH_3COOH \rightleftharpoons H^+ + CH_3COO^-$

তাই ইহারা ক্ষারের সহিত সর্বদাই ক্রিয়া করে। কার্বক্সিল মূলকের সংখ্যাই হইল এই জাতীয় অ্যাসিডগুলির ক্ষারীয়ত্ব (basicity)। যেমন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড এক-ক্ষারীয়, অক্স্যালিক অ্যাসিড দ্বি-ক্ষারীয়, সাইট্রিক অ্যাসিড ত্রি-ক্ষারীয় ইত্যাদি।

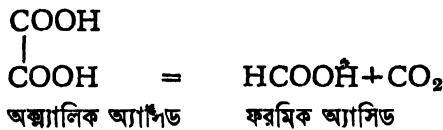
ফরমিক অ্যাসিড (Formic acid), HCOOH ইহা একটি এক-ক্ষারীয় অ্যাসিড। লাল পিঁপড়ার কামড়ে যে রস নিঃসৃত হইয়া থাকে তাহাতে ফরমিক অ্যাসিড থাকে। তাই প্রথমে এই পিঁপড়াগুলি লইয়া বকযন্ত্র হইতে পাতনক্রিয়া দ্বারা এই অ্যাসিড প্রস্তুত করা হয়। জলবিচুটিতেও এই অ্যাসিড বর্তমান দেখা যায়।

প্রস্তুত প্রণালী :—(1) পরীক্ষাগারে অক্স্যালিক অ্যাসিড ও গ্লিসারিণের মিশ্রণকে 110° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়। একটি পাতন ফ্লাস্কে অক্স্যালিক অ্যাসিড ও গ্লিসারিণের মিশ্রণ লওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের মুখে একটি কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি থার্মোমিটার চালনা করা হয় এবং থার্মোমিটারের কুণ্ড মিশ্রণে ডুবাইয়া রাখা

চিত্র নং—17

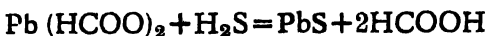
হয়। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনল একটি লিবিগ শীতকের সহিত সংযুক্ত করা হয়। শীতকের বহিঃস্থ নল একটি গ্রাহকের ভিতর প্রবেশ করান থাকে। পাতন ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর বসাইয়া 110° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। ইহাতে কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস বাহির হইয়া আসে এবং ফরমিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া গ্রাহকে সঞ্চিত হয়। কিছুক্ষণ পরে যখন বিক্রিয়াটি মৃদু হইয়া আসে, তখন আরও অক্স্যালিক অ্যাসিডের স্ফটিক ফ্লাস্কে যোগ

করা হয় এবং উষ্ণতা ঠিক একই স্থানে স্থির রাখা হয় এইভাবে আরও ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহাতে অক্স্যালিক অ্যাসিড গ্লিসারিণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফরমিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়, কিন্তু শেষে গ্লিসারিণ পুনরুৎপন্ন হয়।

$$\begin{array}{c} COOH \\ | \\ COOH \end{array} = HCOOH + CO_2$$

অক্স্যালিক অ্যাসিড ফরমিক অ্যাসিড

এইভাবে ফরমিক অ্যাসিডের জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়। এই জলীয় দ্রবণ হইতে সরাসরি পাতনক্রিয়া দ্বারা বিশুদ্ধ ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায় না, কারণ ফরমিক অ্যাসিডের স্ফুটনাঙ্ক 100·5° সেন্টিগ্রেড এবং উহা জলের সহিত একত্রে 107·1° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় পাতিত হইয়া আসে।

গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া পাতিত করিয়া জল তাড়াইতে গেলে ফরমিক অ্যাসিড ভাঙ্গিয়া যায় এবং কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। তাই পাতিত জলযুক্ত ফরমিক অ্যাসিডে লেড মনোক্সাইড (লিথার্জ, PbO) বেশী পরিমাণে যোগ করিয়া উত্তপ্ত করা হয় এবং উত্তপ্ত অবস্থাতেই মিশ্রণকে পরিস্রাবিত করা হয়। পরিস্রুৎকে শীতল করিলে বর্ণহীন লেড ফরমেটের কেলাস উৎপন্ন হয়। এই কেলাসগুলি সংগ্রহ করিয়া একটি কাচের বড়ফাঁদের নলে লওয়া হয়। নলের দুইমুখ কর্ক দিয়া বন্ধ করিয়া কর্কের ভিতর দিয়া দুইটি সরু কাচনল লাগানো হয়। একটি কাচনল হাইড্রোজেন সলফাইডের কিপের যন্ত্রের সহিত সংযুক্ত করা হয় এবং অপরটিকে সমকোণে বাঁকাইয়া একটি গ্রাহকের ভিতর দেওয়া থাকে। বড় ফাঁদের কাচনলটিকে 110° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া লেড ফরমেটের উপর দিয়া হাইড্রোজেন সলফাইড গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে ফরমিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া পাতিত হয় এবং শীতলীকৃত গ্রাহকে সঞ্চিত হয়।

$$Pb(HCOO)_2 + H_2S = PbS + 2HCOOH$$

এই পাতিত অ্যাসিডে সামান্য H_2S মিশিয়া থাকে, ইহার সহিত সামান্য লেড ফরমেট মিশাইয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ ফরমিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

(ii) ফরমিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদনে কঠিন কষ্টিক সোডার উপর দিয়া বায়ুমণ্ডলের চাপের 5−10 গুণ চাপে এবং 210° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কার্বন মনোক্সাইড গ্যাস (প্রডিউসার গ্যাস) চালনা করা হয় এবং এই প্রক্রিয়ায় সোডিয়াম ফরমেট উৎপন্ন হয়। $NaOH + CO = HCOONa$

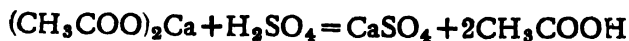
এই সোডিয়াম ফরমেট লইয়া উত্তাপ প্রয়োগে উহা হইতে সমস্ত জল তাড়াইয়া উহার সহিত সোডিয়াম বাইসলফেট মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। তখন বিশুদ্ধ জলবিহীন ফরমিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া আসে এবং শীতল করিয়া উহা সংগ্রহ করা যায়। $HCOONa + NaHSO_4 = HCOOH + Na_2SO_4$.

ব্যবহার :—ভাঁটিখানায় ফরমিক অ্যাসিড ঈষ্টকে উদ্দীপিত করিতে ব্যবহৃত হয়। ফলের রস রক্ষা করিতে বীজবারকরূপে ফরমিক অ্যাসিড যোগ করা হয়। চর্মশিল্পে চামড়া হইতে চুন অপসারিত করিতে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে। পশম ও তূলার রঞ্জনশিল্পে ও রবার প্রস্তুতিতেও ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

অ্যাসিটিক অ্যাসিড (Acetic acid), CH_3COOH

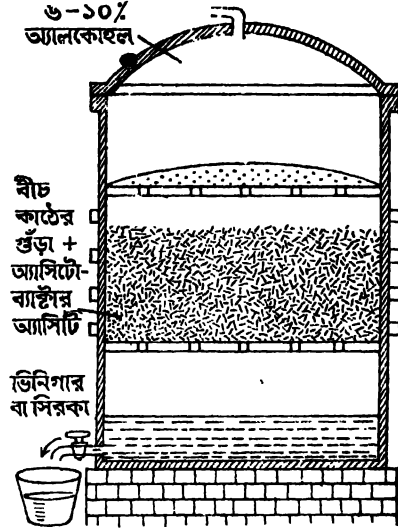
ইহাও একটি এক-ক্ষারীয় জৈব অ্যাসিড। ইহার প্রচলনই পরীক্ষাগারে বেশী দেখা যায়। ইহা দুই প্রকারে উৎপন্ন করা হয়: গাঢ় অ্যাসিটিক অ্যাসিড, যাহা গ্লেসিয়াল (Glacial) অ্যাসিটিক অ্যাসিড নামে পরিচিত, তাহা একভাবে উৎপন্ন হয় এবং পাতলা অ্যাসিটিক অ্যাসিডের দ্রবণ যাহা ভিনিগার (vinegar) বা সির্কা নামে অভিহিত হয় তাহার উৎপাদন প্রণালী অন্য প্রকার। ভিনিগার অ্যাসিটিক অ্যাসিডের শতকরা 6 হইতে 8 ভাগ-বিশিষ্ট দ্রবণ; ইহা হইতে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় না। আবার গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে জল মিশাইয়াও ভিনিগার বা সির্কা তৈয়ারী করা হয় না। দুইটি বিভিন্ন পদ্ধতি দ্বারা এই দুইটি দ্রব্য পৃথক্ পৃথক্‌ভাবে তৈয়ারী করা হয়।

প্রস্তুত প্রণালী :—গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড কাষ্ঠের অন্তর্ধূম পাতনের ফলে উৎপন্ন পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিড হইতে প্রস্তুত করা হয়। পাইরোলিগনিয়াস অ্যাসিডের বাষ্প উত্তপ্ত চুনগোলার ভিতর দিয়া অতিক্রম করান হয়। তাহাতে ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট গঠিত হয় এবং মিথাইল অ্যাল্‌কোহল ও অ্যাসিটোন বাষ্পাকারে বাহির হইয়া যায়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেটকে 250° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বায়ুর সংস্পর্শে উত্তপ্ত করিলে উহার কতকগুলি অশুদ্ধি বিয়োজিত হইয়া অপসারিত হয় এবং ধূসর লাইমের অ্যাসিটেট (grey acetate of lime) পাওয়া যায়। উহার সহিত পরিমাণ মত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড মিশাইয়া মিশ্রণকে পাতিত করিলে শতকরা 40 হইতে 60 ভাগ অ্যাসিটিক অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$(CH_3COO)_2Ca + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2CH_3COOH$$

এই অ্যাসিটিক অ্যাসিডের দ্রবণকে কষ্টিক সোডা যোগ করিয়া প্রশমিত করা হয় এবং প্রশমিত দ্রবণকে ঘনীভূত করিয়া কেলাসিত করিলে সোডিয়াম অ্যাসিটেটের কেলাস, $CH_3COONa + 3H_2O$, পাওয়া যায়। এইভাবে উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যাসিটেটের কেলাসকে সংগ্রহ করিয়া উত্তাপ প্রয়োগে গলাইয়া উহার কেলাস জল অপসারিত করা হয়। নির্জলিত সোডিয়াম অ্যাসিটেটকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া পাতিত করিলে বিশুদ্ধ গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

বর্তমানে আমেরিকায় গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড অ্যাসিটিলিন হইতে পণ্য হিসাবে উৎপাদিত হইতেছে। অ্যাসিটিলিনকে 80° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত শতকরা 10 হইতে 40 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিডযুক্ত মার্কিউরিক সলফেটের শতকরা 1 ভাগ দ্রবণে চালিত করিয়া অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপাদন করা হয়। এই অ্যাসিট্যালডিহাইডকে 70° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ম্যাঙ্গানিজ অ্যাসিটেটের শতকরা 0·5 ভাগযুক্ত দ্রবণে বায়ু দ্বারা জারিত করিলে গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড উৎপাদিত হয়। প্রয়োজনের শতকরা 75 ভাগ অ্যাসিটিক অ্যাসিড আমেরিকায় এইভাবে উৎপন্ন হয়।

ভিনিগার বা সির্কা প্রস্তুতের পদ্ধতি (Quick Vinegar Process) :— সির্কার বা ভিনিগারের বাজারে চাহিদা খুব বেশী, তাই ইহার পণ্য উৎপাদন নিম্নলিখিত পদ্ধতিতে সম্পন্ন করা হয়। শতকরা 6 হইতে 10 ভাগ অ্যাল্‌কোহল যুক্ত দ্রবণকে একটি কাষ্ঠের পিপায় বীচ কাষ্ঠের গুড়া (beech-wood shavings) রাখিয়া তাহাকে পূর্ব হইতে ভিনিগারে সিক্ত করিয়া অর্থাৎ অ্যাসিটোব্যাক্টার অ্যাসিটি (Acetobacter acetie) নামক জীবাণু যোগ করিয়া লইয়া তাহার উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। পীপার নীচের দিকে ও কাষ্ঠের গুঁড়ার উপরে দুইটি ছিদ্রযুক্ত কাষ্ঠের ঢাকনা দেওয়া থাকে। পিপার পার্শ্বে নীচের দিকে ছোট ছোট ছিদ্র থাকে এবং ঐ ছিদ্রগুলি দিয়া বায়ু প্রবাহ পিপার উপর দিকে উঠে। অ্যাল্‌কোহলের ধারা কাষ্ঠের গুঁড়ার ভিতর দিয়া নীচের দিকে নামে। এইখানে অ্যাসিটো ব্যাক-টারের সাহায্যে বায়ুর অক্সিজেন দ্বারা অ্যাল্‌কোহলের জারণ প্রক্রিয়া সংঘটিত হয়।

এই বিক্রিয়ায় যথেষ্ট তাপ উদ্ভূত হয়, তাই অ্যালকোহলের ধারা এরূপভাবে প্রবাহিত করা হয় যে উষ্ণতা যাহাতে 35° সেন্টিগ্রেডের কাছাকাছি থাকে। বায়ুপ্রবাহও নিয়ন্ত্রিত করা হয়; কারণ, বেশী পরিমাণে বায়ু চালনা করিলে অ্যাল্‌কোহলের জারণে কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন হয় এবং কম পরিমাণে চালনা করিলে অ্যাসিট্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়। গ্রাহকে যে তরল সঞ্চিত হয় তাহাকে আবার উপর হইতে পিপাতে যোগ করিয়া কাষ্ঠের গুঁড়ার ভিতর দিয়া চালিত করা হয়। এইভাবে পুনরাবৃত্তি দ্বারা শতকরা 14 ভাগ অ্যাসিটিক আসিড-যুক্ত ভিনিগার প্রস্তুত করা যায়। অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পরিমাণ ইহার উপর উঠিলে জীবাণুর কার্যক্ষমতা নষ্ট হইয়া যায়। সাধারণতঃ ভিনিগারে শতকরা 4 হইতে 8 ভাগ অ্যাসিটিক অ্যাসিড থাকে।

চিত্র নং—18

ভিনিগার হইতে কখনই অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন করা হয় না—কারণ ভিনিগার অ্যাসিটিক অ্যাসিডের অতি পাতলা দ্রবণ।

খনিজ অ্যাসিডের তুলনায় অ্যাসিটিক অ্যাসিডের আম্লিক গুণ অনেক কম, ইহার কারণ তুল্যমাত্রার দ্রবণে অ্যাসিটিক অ্যাসিড খুব কম আয়নিত হয়। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের দশমাংশ তুল্যদ্রবণে 25° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উহা শতকরা 91 ভাগ আয়নিত হয়, কিন্তু সেই দশমাংশতুল্য দ্রবণে 25° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় অ্যাসিটিক অ্যাসিড মাত্র শতকরা 1·3 ভাগ আয়নিত হয়।

ব্যবহার: অ্যাসিটিক অ্যাসিড ধাতব অ্যাসিটেট উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়; তাহার মধ্যে সোডিয়াম অ্যাসিটেট ঔষধে, ক্ষারীয় লেড অ্যাসিটেট ভাঙ্গা হাড়ের

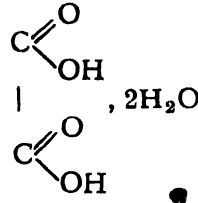
এবং পোড়ার চিকিৎসায় ব্যবহৃত হয়; অ্যালুমিনিয়াম অ্যাসিটেট ও ক্রোমিয়াম অ্যাসিটেট রং-স্থাপক (mordant) রূপে কাপড়ে রং ধরাইতে ব্যবহৃত হয়। রবারশিল্পে, ফেনাসেটিন, অ্যাস্পিরিন প্রভৃতি ঔষধ প্রস্তুতে, কৃত্রিম রেশম শিল্পে, পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে অ্যাসিটিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ক্ষারীয় কপার অ্যাসিটেট সবুজ রঞ্জকরূপে (Pigment); কপার অ্যাসিটেট ও কপার আর্সেনাইটের মিশ্রণ [$Cu(CH_3COO)_2,3Cu(AsO_2)_2$] বাজারে **প্যারিসগ্রীন** (Paris green) নামে বিক্রয় হয় এবং ইহা জীবাণু নাশকরূপে ব্যবহৃত হয়। অ্যাসিটিক অ্যাসিড দ্রাবক হিসাবেও ব্যবহৃত হইয়া থাকে এবং অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড, অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড, অ্যাসিটোন প্রভৃতি প্রস্তুতেও ইহা ব্যবহৃত হয়।

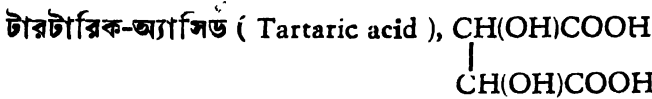
নানাপ্রকার খাবার, চাটনি ইত্যাদি তৈয়ারী করিতে ভিনিগার বা সিরকা ব্যবহৃত হয়। ইহা হোয়াইট লেড বা সীসশ্বেত নামক সাদা রঞ্জক (White Pigment) তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

অন্যান্য জৈব অ্যাসিড যাহা নিত্য ব্যবহারে প্রয়োজন হয় তাহা হইল অক্স্যালিক অ্যাসিড, টারটারিক অ্যাসিড, সাইট্রিক অ্যাসিড, ল্যাকটিক অ্যাসিড ইত্যাদি।

অক্স্যালিক অ্যাসিড (oxalic acid), $COOH.\ COOH,\ 2H_2O$ ইহার পটাসিয়াম লবণরূপে আমরুলের পাতায় (wood sorrel), হরিতকিতে এবং ইহার ক্যালসিয়াম লবণরূপে ওল ও কচুতে এই অ্যাসিড দেখিতে পাওয়া যায়। ইহার লবণ মূত্রেও থাকে। কয়েক প্রকার রোগ, যথা মূত্রকৃচ্ছ্রতায়, মূত্রে ইহার পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। পাইন কাষ্ঠের গুঁড়া (pine sawdust) কষ্টিক সোডার সহিত মিশাইয়া লোহার থালায় লইয়া 250° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় সিদ্ধ করিলে সোডিয়াম অক্স্যালেট উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কঠিনকে গরম জল দিয়া ধৌত করিলে দ্রবণে সোডিয়াম অক্স্যালেট আসে; উহাতে চুন-গোলা যোগ করিয়া ফুটাইলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম অক্স্যালেট উৎপন্ন হয়। উহাকে ছাঁকিয়া লইয়া যথাপরিমাণ পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড উহাতে যোগ করিলে অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সলফেট উৎপন্ন হয় এবং দ্রবণে অক্স্যালিক অ্যাসিড পাওয়া যায়। দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া কেলাসিত করিলে অক্স্যালিক অ্যাসিডের কেলাস পাওয়া যায়।

ইহা একটি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহার সংযুতি সংকেত হইল

$$\begin{array}{l} C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{matrix} \\ | \qquad\qquad , 2H_2O \\ C\begin{matrix}\nearrow O \\ \searrow OH\end{matrix} \end{array}$$

অক্স্যালিক অ্যাসিড রঞ্জনশিল্পে রং-স্থাপকরূপে এবং চামড়া পরিষ্কার করিতে, লিখিবার কালি প্রস্তুতে, পটাসিয়াম কোয়াড্রিঅক্স্যালেট লবণরূপে, কাপড়ে কালির ও লোহার মরিচার দাগ তুলিতে, ঘাসের বিরঞ্জনে, পটাসিয়াম ফেরাস অক্সলেট লবণরূপে, ফটোগ্রাফির কার্যে, এবং পরীক্ষাগারে বিকারক হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

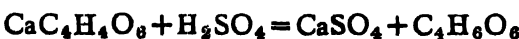
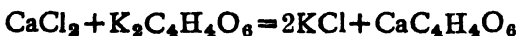
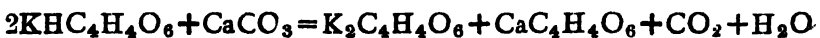
টারটারিক-অ্যাসিড (Tartaric acid), $\begin{array}{l} CH(OH)COOH \\ | \\ CH(OH)COOH \end{array}$

তেঁতুলে, আঙ্গুরে, আনারসে, টম্যাটোতে এই অ্যাসিড অথবা ইহার লবণ পাওয়া যায়।

আঙ্গুরের রসকে সন্ধান প্রক্রিয়ায় অ্যালকোহলে পরিণত করার সময় পটাসিয়াম বাইটার্ট্রেট অধঃক্ষিপ্ত হয়; ইহাকে আর্গল (argol) বলে।

আর্গলকে ফুটন্ত জলে দ্রাবিত করিয়া খড়িমাটি যোগ করিলে পটাসিয়াম লবণের অর্ধেকটি ক্যালসিয়াম লবণরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই ক্যালসিয়াম লবণ ছাঁকিয়া সংগ্রহ করা হয়। পরিস্রুতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করিয়া বাকী টার্ট্রেট ক্যালসিয়াম টার্ট্রেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয় এবং ছাঁকিয়া উক্ত অধঃক্ষেপ সংগ্রহ করা হয়। দুইক্ষেত্রে উৎপন্ন ক্যালসিয়াম টার্ট্রেট একত্রিত করিয়া লইয়া হিসাবমত সলফিউরিক-অ্যাসিড যোগ করিলে ক্যালসিয়াম সলফেট অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং দ্রবণে টারটারিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া জৈব কয়লা সহযোগে ফুটাইয়া পরিস্রাবিত করিলে দ্রবণ বর্ণহীন হয়। উক্ত দ্রবণকে কেলাসিত করিলে টারটারিক-অ্যাসিডের বর্ণহীন কেলাস পাওয়া যায়।

$$2KHC_4H_4O_6 + CaCO_3 = K_2C_4H_4O_6 + CaC_4H_4O_6 + CO_2 + H_2O$$

$$CaCl_2 + K_2C_4H_4O_6 = 2KCl + CaC_4H_4O_6$$

$$CaC_4H_4O_6 + H_2SO_4 = CaSO_4 + C_4H_6O_6$$

টারটারিক-অ্যাসিড একটি দ্বি-ক্ষারীয় অম্ল। টারটারিক অ্যাসিড পানীয়ে এবং ঔষধে ব্যবহৃত হয়। সোডিয়াম বাই-কার্বনেট ও টারটারিক-অ্যাসিডের মিশ্রণ সিডলিজ পাউডার (Sidlitz powder) নামে জোলাপের ঔষধ। ইহার লবণ সোডিয়াম পটাসিয়াম টার্ট্রেট "রসেলের-লবণ" (Rochelle salt) নামে পরিচিত এবং ইহা "ফেলিংএর-দ্রবণে" (Fehling's solution) ব্যবহৃত হয়। "টারটার-এমেটিক" (Trater emetic) হইল পটাসিয়াম অ্যান্টিমনিল টার্ট্রেট, ইহা ঔষধে এবং রঞ্জনশিল্পে রংস্থাপক (mordant) রূপে ব্যবহৃত হয়।

সাইট্রিক-অ্যাসিড (Citric acid), $HOOC.CH_2.C(OH)COOH.CH_2COOH+H_2O$:—এই অ্যাসিড টক্ জাতীয় ফলে (যেমন, পাতি লেবু, কাগজি লেবু, বাতাপি লেবু, কমলা লেবু, টম্যাটো, আনারস ইত্যাদিতে) থাকে। কাঁচা লেবুর রসে এই অ্যাসিড শতকরা 6 হইতে 8 ভাগ বর্তমান। সেই রসকে ফুটাইলে প্রোটিনজাতীয়-দ্রব্য একত্রিত হইয়া থিতাইয়া যায়; পরে রসটিকে ঢালিয়া লইয়া উহাতে চুন বা খড়িমাটি যোগ করা হয়। এইবার দ্রবণটিকে ফুটাইলে ক্যালসিয়াম সাইট্রেট অধঃক্ষিপ্ত হয়; ছাঁকিয়া অধঃক্ষেপকে সংগ্রহ করিয়া উহাতে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিলে ক্যালসিয়াম সলফেট অদ্রাব্যরূপে পড়িয়া থাকে এবং সাইট্রিক-অ্যাসিড দ্রবণে চলিয়া যায়। ছাঁকিয়া লইয়া দ্রবণকে ফুটাইয়া ঘন করিয়া ঠাণ্ডা করিলে সাইট্রিক-অ্যাসিডের স্বচ্ছ কেলাস পাওয়া যায়। আবার গ্লুকোজ বা আখের চিনির শতকরা 10 হইতে 12 ভাগ দ্রবণে সাইট্রো মাইসেটিন নামক জীবাণু যোগ করিয়া 40° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় খোলা পাত্রে সন্ধিত (fermented) করিলে সাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

ইহা ত্রি-ক্ষারীয়-অ্যাসিড। লেমনেড প্রস্তুতে ও রঞ্জনশিল্পে এবং ছাপা কাপড় তৈয়ারী করিতে ইহা রংস্থাপক (mordant) রূপে ব্যবহৃত হয়। ঔষধে ইহার লবণ ফেরিক অ্যামোনিয়াম সাইট্রেট এবং ম্যাগনেসিয়াম সাইট্রেট বহু পরিমাণে ব্যবহৃত হয়। টারটারিক এবং সাইট্রিক-অ্যাসিড বিশ্লেষণী প্রক্রিয়ায় (analytical operations) ক্ষার সংযোগে অনেক ধাতুর হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপণ নিবারণ করিতে ব্যবহৃত হয়।

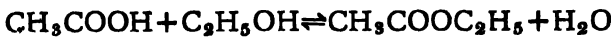
ল্যাক্টিক-অ্যাসিড (Latic acid) $CH_3CH(OH)COOH.$

এই অ্যাসিড দধিতে বর্তমান থাকে। এই অ্যাসিডের পণ্য উৎপাদন চিনি অথবা শ্বেতসার হইতে করা হইয়া থাকে। শ্বেতসারকে প্রথমতঃ অ্যাসিড দ্বারা

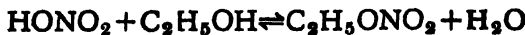
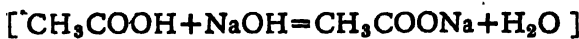
দ্রাক্ষাশর্করায় পরিণত করা হয়। পরে উহার জলীয় দ্রবণে ব্যাসিলস্ ল্যাক্টিস্ অ্যাসিটি (Bacillus lactis aceti) নামক জীবাণু যোগ করা হয় এবং দ্রবণের উষ্ণতা 40° হইতে 45° সেন্টিগ্রেডের ভিতর রাখা হয়। পুষ্টিকারক দ্রব্যাদিও উহাতে যোগ করা হয়। উৎপন্ন অ্যাসিডে প্রথম হইতেই ধীরে ধীরে খড়িমাটির গুঁড়া যোগ করা হয়, কারণ, দ্রবণে শতকরা 1 ভাগ ল্যাকটিক-অ্যাসিড থাকিলেও জীবাণুকে অকেজো করিয়া দেয়। ক্যালসিয়াম ল্যাকটেটের কেলাস উৎপন্ন হয় এবং সঙ্গে সঙ্গে তাহাকে তুলিয়া লওয়া হয়। এইভাবে দশদিন ধরিয়া সন্ধান প্রক্রিয়া (fermentation) চালানো হয় এবং প্রায় সমস্ত চিনি অপসারিত হয়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম ল্যাকটেটকে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের প্রয়োজনীয় পরিমাণ যোগ করিয়া ল্যাকটিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়। উৎপন্ন ক্যালসিয়াম সলফেট অদ্রাব্যরূপে পড়িয়া থাকে এবং ল্যাকটিক অ্যাসিড দ্রবণে চলিয়া যায়। ছাঁকিয়া লইয়া দ্রবণকে কমচাপে পাতিত করিলে ল্যাকটিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

ইহা একটি একক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহা খাদ্য এবং পানীয়কে আম্লিক করিতে ব্যবহৃত হয়। অ্যান্টিমনি ল্যাকটেট উলকে রং করিতে এবং ছাপা কাপড় প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। চামড়া হইতে চুন অপসারিত করিতে চামড়ার ব্যবসায়ে ইহার বেশী পরিমাণে ব্যবহার হইয়া থাকে। ক্যালসিয়াম ল্যাকটেট দেহে চুনের পরিমাণ কমিয়া গেলে ঔষধরূপে প্রয়োগ করা হয়।

এস্টার (Ester) :—অ্যাল্‌কোহল এবং জৈব বা অজৈব অ্যাসিডের বিক্রিয়ার ফলে এস্টার এবং জল উৎপন্ন হয়। অজৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় যেমন ক্ষার ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় লবণ ও জল উৎপন্ন হয়, এই বিক্রিয়াও সেইরূপ।

$$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons \underset{\text{ইথাইল অ্যাসিটেট (এস্টার)}}{CH_3COOC_2H_5} + H_2O$$

তুলনামূলকভাবে, $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$

$$[CH_3COOH + NaOH = CH_3COONa + H_2O]$$

$$\underset{\text{নাইট্রিক অ্যাসিড}}{HONO_2} + C_2H_5OH \rightleftharpoons \underset{\text{ইথাইল নাইট্রেট}}{C_2H_5ONO_2} + H_2O$$

এই এস্টার উৎপাদনকারী বিক্রিয়াগুলিতে জল উৎপন্ন হয় এবং সেই উৎপন্ন

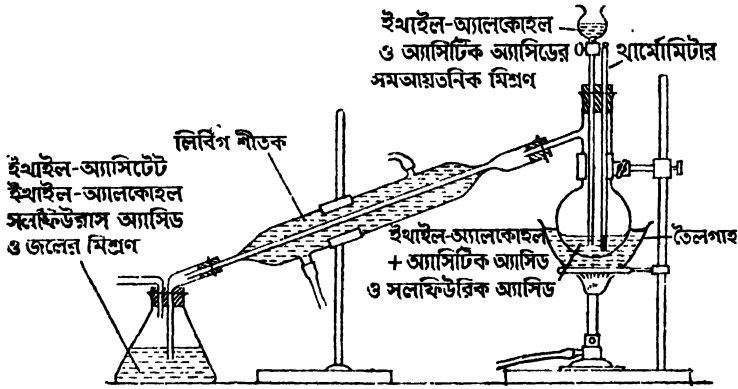
জল সহজেই একই সময়ে উৎপন্ন এস্‌টারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিড ও অ্যাল্‌কোহল উৎপন্ন করে। তাই এই বিক্রিয়াগুলি উভমুখী (reversible) বিক্রিয়া এবং উৎপন্ন জলকে বিক্রিয়ার ক্ষেত্র হইতে সরাইয়া না লইলে এস্‌টারের উৎপাদন কমিয়া যায়। সুতরাং এই সকল বিক্রিয়া নিরুদক (dehydrating agent) যথা গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড, অনার্দ্র জিঙ্ক ক্লোরাইড অথবা গ্যাসীয় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে নিষ্পন্ন করা হয় এবং তাহাতে জল অপসারণের ব্যবস্থা হয়।

জৈব এস্‌টারে $-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-$ মূলক থাকে এবং এই মূলকের দুই দিকের দুইটি যোজ্যতা প্রকাশক বন্ধ (bond) দুইটি অ্যালকাইল মূলকের সহিত সংযুক্ত থাকে। তাই এস্‌টারের সাধারণ সংকেত হইল $R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-R_1$। এস্‌টারের নাম বলিতে প্রথমে অ্যাল্‌কোহলের নামের প্রথমটি এবং পরে অ্যাসিডের নামের শেষটি থাকে, যথা ইথাইল অ্যাসিটেট, $(CH_3COOC_2H_5)$। তবে মনে রাখিতে হইবে যে অ্যালকোহল ক্ষার নহে এবং এস্‌টারেরও লবণের মত ব্যবহার নয়।

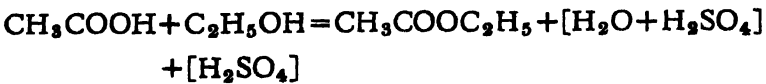
এস্‌টারের প্রতীকরূপে ইথাইল অ্যাসিটেটকে ধরিয়া তাহার বিষয় নিম্নে আলোচনা করা হইল।

ইথাইল অ্যাসিটেট (Ethyl acetate) $CH_3COOC_2H_5$

প্রস্তুত প্রণালী:—একটি পাতন ফ্লাস্কে সম আয়তন ইথাইল অ্যালকোহল ও গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণ লওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের মুখে কর্ক লাগাইয়া তাহার ভিতর দিয়া একটি বিন্দু পাতন ফানেল ও একটি থার্মোমিটার যোগ করা হয়। থার্মোমিটারের কুণ্ডটি মিশ্রণের ভিতর ডুবাইয়া রাখা হয়। বিন্দু পাতন ফানেলে সম আয়তন গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিড ও ইথাইল অ্যাল্‌কোহলের মিশ্রণ লওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের পার্শ্বনল একটি লিবিগ শীতকের সহিত কর্কের ভিতর দিয়া সংযুক্ত করা হয়। শীতকের ভিতরের নলের শেষ প্রান্তে একটি অ্যাডেপ্‌টার (adapter) লাগাইয়া অ্যাডেপ্‌টারের প্রান্ত একটি কর্কের ভিতর দিয়া একটি গ্রাহকে প্রবেশ করান থাকে। পাতন ফ্লাস্কটিকে একটি তৈলগাহে

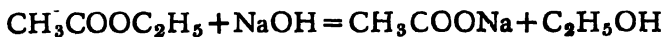
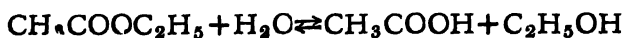
বসাইয়া 140° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। যে পরিমাণে তরল পাতিত হইয়া চলিয়া যায় সেই পরিমাণে বিন্দুপাতন ফানেল হইতে তরল ফ্লাস্কে যোগ করা হয়। পাতিত তরলে ইথাইল অ্যাসিটেট, ইথাইল অ্যাল্‌কোহল, অ্যাসিটিক অ্যাসিড, জল, সামান্য ইথার ও সলফিউরাস অ্যাসিড মিশিয়া থাকে। প্রথমে ঘন সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ যোগ করিয়া অ্যাসিড প্রশমিত করা হয়। পরে উপরের তৈলাক্ত তরলকে বিভেদক (separating) ফানেলের সাহায্যে পৃথক্ করিয়া উহাতে ঘন ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ যোগ করা হয়; তখন অ্যাল্‌কোহল তৈলাক্ত তরল হইতে ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ কর্তৃক শোষিত হয়। পরে উপরের তৈলাক্ত

চিত্র নং—19

পদার্থ লইয়া গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের সংস্পর্শে রাখিয়া কিছু সময় পরে জল-গাহ হইতে তরলটিকে পাতিত করা হয়। ইহাতে জল অপসারিত হয় এবং 75° হইতে 80° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার ভিতর পাতিত তরলকে সংগ্রহ করা হয়। উহাই বিশুদ্ধ ইথাইল অ্যাসিটেট।

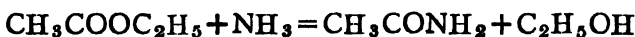
$$CH_3COOH + C_2H_5OH = CH_3COOC_2H_5 + [H_2O + H_2SO_4]$$
$$+ [H_2SO_4]$$

ধর্ম :—ইথাইল অ্যাসিটেট একটি বর্ণহীন মিষ্ট গন্ধযুক্ত প্রশমিত তরল পদার্থ। ইহা জল অপেক্ষা হালকা। ইহা ইথার এবং অ্যালকোহলে দ্রাব্য। জলে অদ্রাব্য হইলেও ইহা জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া আর্দ্র বিশ্লেষিত (hydrolysed) হয়

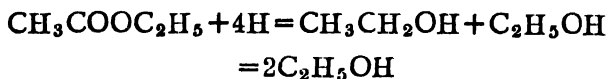
এবং ইথাইল অ্যালকোহল ও অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। অজৈব অ্যাসিড বা ক্ষারের উপস্থিতিতে আর্দ্র বিশ্লেষণ ত্বরান্বিত হয়।

$$CH_3COOC_2H_5+H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH+C_2H_5OH$$

$$CH_3COOC_2H_5+NaOH=CH_3COONa+C_2H_5OH$$

ইথাইল অ্যাসিটেট অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটেমাইড দেয় এবং ফস্‌ফোরাস পেন্টাক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যাসিটাইল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$CH_3COOC_2H_5+NH_3=CH_3CONH_2+C_2H_5OH$$

$$CH_3COOC_2H_5+PCl_5=CH_3COCl+POCl_3+C_2H_5Cl$$

ইহাকে উচ্চচাপে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত করিলে ইথাইল অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

$$CH_3COOC_2H_5+4H=CH_3CH_2OH+C_2H_5OH$$
$$=2C_2H_5OH$$

ব্যবহার: অনেক ফলের ও ফুলের গন্ধের মত এস্‌টারের গন্ধ হইয়া থাকে; ইহার কারণ হইল ঐ সকল ফলে, ফুলে এবং উদ্ভিদের অন্যান্য অংশে এস্‌টার থাকে এবং সেই এস্‌টারের জন্যই গন্ধের উৎপত্তি হয়। অনেক সময় সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে নানাপ্রকার এস্‌টার তৈয়ারী করা হয় এবং সেগুলি খাদ্য ও পানীয় সুগন্ধি করিতে ব্যবহৃত হয়। নিম্নে কয়েকটি এইরূপ এস্‌টারের নাম ও তাহার গন্ধ উল্লেখ করা হইল :—

(i) অ্যামাইল অ্যাসিটেট (**Amyl acetate** $CH_3COOC_5H_{11}$)
—পাকা কলার গন্ধ

(ii) অক্টাইল অ্যাসিটেট (**Octyl acetate,** $CH_3COOC_8H_{17}$)
—কমলা লেবুর গন্ধ

(iii) ইথাইল বিউটিরেট (**Ethyl butyrate,** $C_3H_7COOC_2H_5$)
—আনারসের গন্ধ

(iv) অ্যামাইল ভ্যালেরেট (**Amyl valerate,** $C_4H_9COOC_5H_{11}$)
—আপেলের গন্ধ

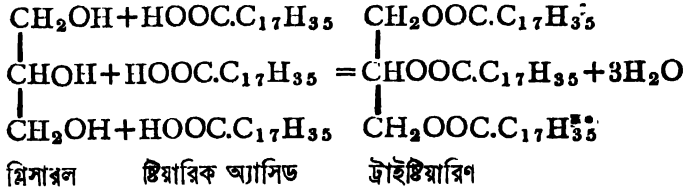
অনেক সময় উদ্ভিদ হইতে তৈল নির্যাস বাহির করা হয় এবং তাহাতেও এস্‌টার থাকে। এই সকল তৈল নির্যাস কৃত্রিম এসেন্স (Essence) প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়।

চর্বি ও তৈল (Fats and oils): উদ্ভিজ্জ তৈল, প্রাণিজ তৈল, ঘৃত, চর্বি প্রভৃতি যাহা প্রকৃতিজাত দ্রব্য হইতে পাওয়া যায় তাহা স্নেহ পদার্থের অন্তর্ভুক্ত। সাধারণতঃ ইহাদের মধ্যে যে দ্রব্যগুলি সাধারণ উষ্ণতায় তরল অবস্থায় থাকে তাহাদের **তৈল** (oil) বলা হয়, এবং যেগুলি সেই উষ্ণতায় কঠিন অবস্থায় থাকে তাহাকে **চর্বি** (fat) বলে। তবে রাসায়নিকের দৃষ্টিতে দুইটিই এক জাতীয় পদার্থ, কারণ এইগুলি সমস্তই উচ্চ আণবিক ওজনের জৈব অ্যাসিড ও গ্লিসারিণের সংযোগের ফলে উৎপন্ন এস্‌টার জাতীয় যৌগ, তাই ইহাদের নাম গ্লিসারাইড (glyceride) দেওয়া হইয়াছে। এই সকল গ্লিসারাইডে প্রধানতঃ ষ্টিয়ারিক অ্যাসিড (Stearic acid, $C_{17}H_{35}COOH$), পামিটিক অ্যাসিড (Palmitic acid, $C_{15}H_{31}COOH$), ওলিক অ্যাসিড (Oleic acid, $C_{17}H_{33}COOH$) প্রভৃতি বিদ্যমান দেখা যায়।

ট্রাইষ্টিয়ারিণ হইল এক অণু গ্লিসারলের সহিত সংযুক্ত ষ্টিয়ারিক অ্যাসিডের তিনটি অণু ; এই সংযোগের সময় তিন অণু জল বাহির হইয়া যায়।

$$\begin{array}{lll} CH_2OH + HOOC.C_{17}H_{35} & & CH_2OOC.C_{17}H_{35} \\ | & & | \\ CHOH + HOOC.C_{17}H_{35} & = & CHOOC.C_{17}H_{35} + 3H_2O \\ | & & | \\ CH_2OH + HOOC.C_{17}H_{35} & & CH_2OOC.C_{17}H_{35} \end{array}$$

গ্লিসারল ষ্টিয়ারিক অ্যাসিড ট্রাইষ্টিয়ারিণ

বা

গ্লিসারিণ ট্রাইষ্টিয়ারেট

তবে প্রকৃতিতে তিন প্রকারের তৈল দেখিতে পাওয়া যায়, তাহার সমস্তগুলিই গ্লিসারাইড নয়। তাহার মধ্যে

(i) **খনিজ-তৈল** (Mineral oil) খনি হইতে পাওয়া যায় এবং উহারা প্রধানতঃ হাইড্রোকার্বন নামক যৌগের মিশ্রণ হইতে উৎপন্ন। পেট্রোল, কেরোসিন প্রভৃতি এই জাতীয় পদার্থ।

(ii) **জান্তব ও উদ্ভিজ্জ-তৈল** (Animal and Vegetable oil)—ইহারা পূর্বে উল্লিখিত গ্লিসারাইড জাতীয়-পদার্থ। নারিকেল তৈল, পাম তৈল, অলিভ (জলপাই) তৈল, মাছের তৈল প্রভৃতি এইজাতীয় তৈল। ইহারা জলের অপেক্ষা হাল্‌কা এবং জলে অদ্রাব্য কিন্তু জৈব দ্রাবকে (যথা বেনজিন, ইথার

প্রভৃতিতে) দ্রাব্য। জান্তব চর্বিও এই শ্রেণীর অন্তর্ভুক্ত, কেবল তাহাদের অবস্থাভেদ সাধারণ উষ্ণতায় হইয়া থাকে। উদ্ভিদের বীজ বা ফুল (যথা, সরিষা, বাদাম, তিষি, জলপাই, তূলা প্রভৃতি) কলে নিষ্পেষিত করিয়া তৈল বাহির করা হয়। জন্তুর দেহের তন্তু (tissue) জল দিয়া ফুটাইলে চর্বি বাহির হইয়া আসিয়া জলে ভাসিতে থাকে। সেখান হইতে উহাকে সংগ্রহ করা হয়।

(iii) **উদ্বায়ী তৈল** (Essential oil) : ফুলের নির্যাসে এবং কোন কোন ফলে সুগন্ধি তৈল পাওয়া যায়। ইহারা খুবই উদ্বায়ী, তাই ইহাদিগকে উদ্বায়ী তৈল বলে। গোলাপের নির্যাস (আতর), লেবুর তৈল, ইউক্যালিপটাস তৈল (Eucalyptus oil) এই জাতীয় তৈলের অন্তর্ভুক্ত। ইহাদের ভিতর কার্বনের বৃত্তাকার-যৌগ (ring or closed chain compounds) থাকে।

তৈলে হাইড্রোজেন সংযুক্ত-করণ (Hydrogenation of oils) :— চর্বিতে অধিক-পরিমাণে পরিপৃক্ত জৈব অ্যাসিডের গ্লিসারাইড থাকে, কিন্তু তৈলে অনেক সময় অপরিপৃক্ত জৈব অ্যাসিডের (যথা ওলিক-অ্যাসিড) গ্লিসারাইড বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। সেইজন্য অনেক সময় উদ্ভিজ্জ-তৈল ব্যবহারের উপযুক্ত থাকে না ; মাছের তৈলেও উৎকট গন্ধ থাকায় ব্যবহার করা যায় না। তাই ইহাদিগের ভিতর দিয়া গুঁড়া নিকেল অনুঘটকের উপস্থিতিতে 120° হইতে 176° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ও অধিক চাপে (60 পাউণ্ড) বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাস অতিক্রম করাইলে তরল অপরিপৃক্ত জৈব অ্যাসিডের গ্লিসারাইড (ওলিক-অ্যাসিডের এসটার) সরাসরি হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কঠিন সাদা ও বর্ণহীন পরিপৃক্ত জৈব অ্যাসিডের গ্লিসারাইডে (ষ্টিয়ারিক-অ্যাসিডের-এসটারে) পরিণত হয়। এই হাইড্রোজেন সংযোগের সময় পাত্রে আবদ্ধ নিকেল-সংযুক্ত তৈলকে খুব করিয়া ঝাঁকানো হয়। এই পদ্ধতিকে তৈলে হাইড্রোজেন সংযুক্তকরণ বলে। বাদাম তৈল, তূলাবীজের তৈল প্রভৃতিকে এই প্রণালী প্রয়োগে **বনস্পতি** ঘৃতে পরিণত করা হয়।

চর্বি ও তৈলের আর্দ্রবিশ্লেষণ (Hydrolysis of fats and oils) : যেহেতু চর্বি ও তৈল গ্লিসারিণের (ট্রাইহাইড্রিক-অ্যাল্‌কোহল) এস্‌টার, উহাদের এস্‌টারের ধর্মানুযায়ী আর্দ্র-বিশ্লেষণ হইয়া থাকে এবং তখন সংশ্লিষ্ট-জৈব অ্যাসিড ও গ্লিসারিণ উৎপন্ন হয়। চর্বি বা তৈল $+ H_2O \rightleftharpoons$ গ্লিসারিণ $+$ অ্যাসিড। চর্বিকে উচ্চচাপে শতকরা 2 হইতে 3 ভাগ চূন, ম্যাগনেসিয়া বা জিঙ্ক-অক্সাইডের

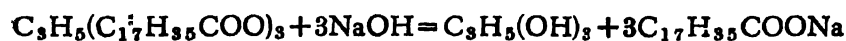
উপস্থিতিতে 140° হইতে 150° সেন্টিগ্রেডে জলের সহিত উত্তপ্ত করিতে উহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ সংঘটিত হয় এবং তরলটি দুইস্তরে ভাগ হইয়া যায়; উপরের স্তরে উৎপন্ন অ্যাসিড ও নীচের স্তরে গ্লিসারিণ থাকে।

সাবান প্রস্তুত: ষ্টিয়ারিক-অ্যাসিড ও পামিটিক-অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণকে **সাবান** বলা হয়; ইহা জলে দ্রাব্য। সোডিয়াম লবণ ঘটিত সাবান শক্ত, পটাসিয়াম লবণ ঘটিত সাবান নরম। ধৌতকরণে ও স্নানের জন্য ব্যবহৃত সাবান হইল শক্ত সাবান।

চর্বি বা তৈলকে কষ্টিক-সোডার বা কষ্টিক-পটাসের দ্রবণসহ ফুটাইলে চর্বি ও তৈলে যে গ্লিসারাইড থাকে তাহার ক্ষারীয় আর্দ্র-বিশ্লেষণ (**alkaline hydrolysis**) হইয়া অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাসিয়াম লবণ (সাবান) ও গ্লিসারিণ উৎপন্ন হয়।

গ্লিসারাইড + NaOH বা KOH = অ্যাসিডের Na বা K লবণ + গ্লিসারিণ
(সাবান)

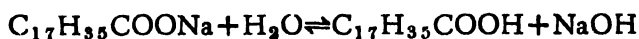
একটি লৌহ নির্মিত বিরাট কড়াইএ চর্বি এবং তৈলের মিশ্রণ (নারিকেল তৈল, বাদাম তৈল, ট্যালো ইত্যাদি) ও শতকরা 10 ভাগ কষ্টিক সোডাযুক্ত দ্রবণ লইয়া গলানো হয় এবং কোন কোন ক্ষেত্রে মিশ্রণের ভিতর দিয়া সরাসরি ষ্টীম চালনা করিয়া ফুটাইয়া সাবান প্রস্তুত করা হয়। কষ্টিক-সোডার-দ্রবণ ধীরে ধীরে যোগ করা হয় এবং ষ্টীম সমগ্র মিশ্রণকে নাড়া দিয়া উত্তমরূপে মিশাইয়া দেয়। কয়েক ঘণ্টার ভিতর ফেনা হইয়া স্নেহজ-অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণ (**sodium salt of fatty acids**), গ্লিসারিণ ও জল উৎপন্ন হয়।

$$C_3H_5(C_{17}H_{35}COO)_3 + 3NaOH = C_3H_5(OH)_3 + 3C_{17}H_{35}COONa$$

ট্রাইষ্টিয়ারিণ গ্লিসারিণ সোডিয়াম ষ্টিয়ারেট

মিশ্রণে সাধারণ লবণ বা উহার ঘন দ্রবণ যোগ করা হয়; তখন সাবান গুঁড়ার আকারে কয়েক ঘণ্টা বাদে উপরের স্তরে ভাসিয়া উঠে এবং গ্লিসারিণ নীচের স্তরে থাকে। উপরের সাবানের স্তরকে সরাইয়া লওয়া হয় এবং নীচের স্তরে সোডিয়াম ক্লোরাইড, কষ্টিক সোডা প্রভৃতির সহিত মিশ্রিত অবস্থায় গ্লিসারিণের দ্রবণ পড়িয়া থাকে। এই গ্লিসারিণের দ্রবণ হইতে পরে বিশুদ্ধ গ্লিসারিণ উৎপাদন করা হয়। এইভাবে প্রাপ্ত সাবানের সহিত সামান্য স্নেহজ অ্যাসিড (**fatty acid**) মিশিয়া থাকে, তাই উহাকে সামান্য কষ্টিক-সোডার দ্রবণের সহিত ফুটাইয়া আর্দ্র-

বিশ্লেষণ সম্পূর্ণ করা হয়। পরে সাবান সংগ্রহ করিয়া জল দিয়া ফুটাইয়া ঠাণ্ডা করা হয়। এইভাবে উৎপন্ন কঠিন সাবানকে ছোট ছোট টুকরায় কাটিয়া নির্দিষ্ট জলযুক্ত অবস্থায় পৌছান পর্যন্ত শুকাইয়া লওয়া হয় এবং এই অবস্থায় গন্ধদ্রব্য এবং রং যোগ করা হয়। তারপর ছাঁচের সাহায্যে সাবানকে খণ্ডে (cake) পরিণত করা হয়।

সাবানের উপাদান সোডিয়াম ষ্টিয়ারেট বা সোডিয়াম পামিটেট ইহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। এই সাবানকে জলের সহিত ঘষিলে ইহার আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটিয়া জৈব অ্যাসিড ও সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন হয়। যথা—

$$C_{17}H_{35}COONa + H_2O \rightleftharpoons C_{17}H_{35}COOH + NaOH$$

সোডিয়াম ষ্টিয়ারেট ষ্টিয়ারিক-অ্যাসিড

এইভাবে মুক্ত-অ্যাসিড আরও সাবান বা সোডিয়াম ষ্টিয়ারেটের সহিত মিলিত হইয়া একটি অদ্রবণীয় পদার্থে পরিণত হয় এবং উহা জলের সহিত মিশিয়া ফেনা (lather) উৎপন্ন করে। এইভাবে উৎপন্ন ফেনার সাহায্যে তৈলাক্ত ও অন্য প্রকার ময়লা (dirt) সহজেই অপসারিত হয়। সেইজন্য সাবান সহযোগে জল দিয়া ঘষিলে বস্ত্রাদির ময়লা বা দেহের ময়লা সহজেই দূর হইয়া থাকে এবং সেই প্রয়োজনেই সাবান ব্যবহৃত হয়। গায়ে মাখা সাবানে অতিরিক্ত কষ্টিক সোডা এবং জল থাকা বাঞ্ছনীয় নয়। তাই পূর্বেই সাবান প্রস্তুতের পদ্ধতির ভিতর জল দিয়া ফুটাইয়া সাবান ধুইয়া লওয়া ও পরে যথোপযুক্ত পরিমাণ জল সাবানে রাখিয়া উহাকে শুষ্ক করিয়া লওয়ার কথা বলা হইয়াছে।

কার্বোহাইড্রেট (Carbohydrates):—ইহারা খুবই প্রয়োজনীয় স্বাভাবিক ভাবে উৎপন্ন কার্বনের যৌগ এবং এই গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত নানা পদার্থের সহিত আমাদের সকলেরই পরিচয় আছে, যেমন, চাউল, গম, চিনি, তুলা, পাট ইত্যাদি। কার্বোহাইড্রেট কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগ। ইহাদের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সর্বদাই 2 : 1 এই অনুপাতে অর্থাৎ জলে যে অনুপাতে এই দুইটি মৌল বিদ্যমান সেই অনুপাতে বর্তমান দেখা যায়। এই গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত যৌগগুলির সাধারণ সংকেত হইল $C_x(H_2O)_y$, সেই কারণে ইহাদের কার্বনের হাইড্রেট অথবা কার্বোহাইড্রেট বলা হয়। যেমন, দ্রাক্ষাশর্করা বা গ্লুকোজ $C_6H_{12}O_6$ অথবা $C_6(H_2O)_6$, ইক্ষুশর্করা (Canesugar) $C_{12}H_{22}O_{11}$ বা $C_{12}(H_2O)_{11}$, কিন্তু এইভাবে যে কোন জৈব যৌগে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাতে জলের

অনুরূপ হইলেই যে তাহা এই গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত হইবে তাহা নহে। এইরূপ শ্রেণী-বিভাগের সময় অন্যান্য ধর্মের কথাও বিবেচনা করা প্রয়োজন, যেমন, অ্যাসিটিক অ্যাসিড $C_2H_4O_2$ বা $C_2(H_2O)_2$, ল্যাক্‌টিক অ্যাসিড $C_3H_6O_3$ অথবা $C_3(H_2O)_3$, মিথাইল ফরমেট, $C_2H_4O_2$ বা $C_2(H_2O)_2$, এই যৌগগুলিতে প্রদর্শিত মত হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত 2 : 1 হইলেও ইহারা কার্বোহাইড্রেট নহে। আবার র‍্যামনোজ (Rahmnose) এবং ফুকোজ (fucose) যাহাদের সাধারণ সংকেত $C_6H_{12}O_5$, এবং ডিজিটক্সোস (digioxose) যাহার আণবিক সংকেত হইল $C_6H_{12}O_4$ কার্বোহাইড্রেট গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত, কিন্তু ইহাদের অণুতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অনুপাত 2 : 1 নহে।

এই কার্বোহাইড্রেট গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত দ্রব্যগুলি হইল :—

(i) সর্বপ্রকারের চিনি (Sugar) যথা দ্রাক্ষাশর্করা বা গ্লুকোজ, ইক্ষুশর্করা বা কেনসুগার, ইত্যাদি। ইহারা খাদ্য হিসাবে এবং অ্যালকোহলের উৎস হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহাদের উপস্থিতির জন্যই ফলসমূহ মিষ্ট হয়।

(ii) শ্বেতসারযুক্ত (Starches) পদার্থসমূহ :—যেমন চাউল, গম, আলু, বার্লি ইত্যাদি। ইহারাই প্রধান খাদ্যরূপে ব্যবহৃত হয়।

(iii) সেলুলোজ (Cellulose), যেমন তুলা, ঘাস, খড়, কাঠ, পাট ইত্যাদি। কাপড়, কাগজ ইত্যাদি উৎপাদন করিতে ইহারা ব্যবহৃত হয়।

কার্বোহাইড্রেটগুলিকে প্রধানতঃ দুইভাগে ভাগ করা যায়; যথা চিনি এবং যাহারা চিনি নয়। প্রথম প্রকারের কার্বোহাইড্রেটগুলি জলে দ্রাব্য, মিষ্ট ও কেলাসিত, অপর দ্রব্যগুলি জলে অদ্রাব্য, স্বাদহীন ও অনিয়তাকার।

কিন্তু বৈজ্ঞানিকের দৃষ্টিতে উহাদের আণবিক গঠন অনুসারে বিভাজিত করা হয় এবং বিভাজন উহাদের অণুতে বর্তমান কার্বনের পরমাণুর সংখ্যা অনুসারে করা হয়। যথা,

(i) **মনোস্যাকারাইড** (Monosaccharides) : এই প্রকারের কার্বোহাইড্রেটের অণুতে নয়টি পর্যন্ত কার্বন পরমাণু থাকে, যথা জাইলোস্, $C_5H_{10}O_5$, গ্লুকোজ, $C_6H_{12}O_6$, ইত্যাদি।

(ii) **ডাইস্যাকারাইড** (Disaccharides) : এই প্রকারের কার্বোহাইড্রেটের অণুতে বার কিম্বা আঠারটি কার্বন পরমাণু থাকে, যথা, ইক্ষুশর্করা,

$C_{12}H_{22}O_{11}$, র‍্যাফাইনোজ (raffinose), $C_{18}H_{32}O_{16}$ ইত্যাদি। ইহাদের **অলিগোস্যাকারাইডও** (oligosaccharides) বলে।

(iii) **পলিস্যাকারাইড** (Polysaccharides): যেমন, শ্বেতসার (starch), সেলুলোজ (Cellulose) যাহাদের অণু বড় আকারের কিন্তু কত বড় তাহা জানা নাই। তাই ইহাদিগের আণবিক সংকেত $(C_6H_{12}O_5)_n$, এই n-এর মান স্থিরীকৃত হয় নাই, তবে জানা গিয়াছে যে *n*-এর মান খুব বড় সংখ্যা। জাইল্যান এবং অ্যারাব্যান (xylan and araban), $(C_5H_8O_4)_n$ এই শ্রেণীভুক্ত হাইড্রোকার্বন।

সুক্রোজ (Sucrose) বা **ইক্ষুশর্করা** (Canesugar), $C_{12}H_{22}O_{11}$: নিত্য প্রয়োজনে আমরা যে চিনি ব্যবহার করি তাহার রাসায়নিক নাম হইল সুক্রোজ। ইহা আঁখ হইতে পাওয়া যায় বলিয়া ইহাকে ইক্ষুশর্করা বলা হয়। বহু প্রাচীন কাল হইতে আঁখের চিনির ব্যবহার চলিয়া আসিতেছে। ইহা বীটের (Beet) মূলে পাওয়া যায় এবং তাল, খেজুর প্রভৃতির রস হইতেও এই চিনি পাওয়া যায়। বীট এক প্রকার ঘাসজাতীয় পদার্থ এবং ইহা হইতে উৎপন্ন চিনি আমাদের দেশে "কাশীর চিনি" নামে পরিচিত।

ইক্ষুশর্করা প্রস্তুত প্রণালী: প্রথমে আঁখকে ছোট ছোট টুকরা করিয়া কাটিয়া গরম যন্ত্রের সাহায্যে (hot rollers) চাপ দিয়া পিষিয়া আঁখের রস বাহির করিয়া লওয়া হয়। তাহার পর আঁখের যে ছিবড়া পড়িয়া থাকে তাহাতে জল ছিটাইয়া পুনরায় পূর্ব প্রক্রিয়ায় বাকী রস বাহির করা হয়। অবশিষ্ট ছিবড়া (bagasse) ভারতে জ্বালানীরূপে এবং আমেরিকায় সেলোটেক্স (cellotex) নামক কাগজের বোর্ড তৈয়ারী করিতে ব্যবহৃত হয়। রসকে বেশ ভালভাবে ছাঁকিয়া লইয়া অতিরিক্ত চুনের সহিত মিশাইয়া 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। গরম দ্রবণকে একটি চৌবাচ্চায় রাখিয়া থিতাইতে দেওয়া হয়। উপরে ফেনা হয়। নীচের ময়লা অধঃক্ষেপ অপসারিত করা হয়। এই ভাবে উৎপন্ন পরিষ্কার রসকে শাঙ্কব (conical) চৌবাচ্চায় লইয়া উহার নীচ দিয়া সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস চালনা করা হয়। ইহাতে অতিরিক্ত চুন অদ্রাব্য ক্যালসিয়াম সলফাইটে $(CaSO_3)$ পরিণত হয় এবং আঠালো দ্রব্য ও অ্যালবুমিনয়েড দ্রব্যাদি একত্রিত হইয়া জমা হয় (Coagulated)। দ্রবণটিও সেইসঙ্গে বর্ণহীন হয় এবং পরে সাদা চিনি উৎপাদন করে। অধঃক্ষেপ হইতে পরিষ্কার দ্রবণ পাম্পের সাহায্যে বাষ্পীকরণ

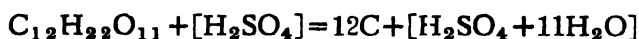
পাত্রে লওয়া হয় এবং কম চাপে বাষ্পীকরণ পদ্ধতি (evaporation under reduced pressure) দ্বারা জলকে বাষ্পীভূত করিয়া রসকে গাঢ় করা হয়। তৎপরে রসকে শীতল করিলে রস হইতে চিনির দানা বাহির হয়। সেণ্ট্রিফিউজ (Centrifuge) যন্ত্রের সাহায্যে হলদে গুড়ের দ্রবণ হইতে কেলাসিত চিনিকে পৃথক করা হয়। তখনও চিনির একটু বাদামী রং থাকে, তাহাকে সম্পূর্ণ সাদা করার জন্য একটু অল্ট্রামেরাইন ব্লুর (ultramarine blue) দ্রবণ উহার উপর যোগ করা হয়। এইভাবে উৎপন্ন চিনির দানাগুলিকে ঝাঁঝড়ির উপর রাখিয়া বৈদ্যুতিক আলোড়কের সাহায্যে আলোড়িত করিয়া ছোট ও বড় দানার পৃথক পৃথক স্তূপে সংগ্রহ করা হয়।

অবশিষ্ট গুড়ে প্রায় এক তৃতীয়াংশ চিনি থাকে। ইহা তামাক প্রস্তুতে এবং সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ভারতে গুড় হইতে অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়।

বীটের মূল হইতে চিনি উৎপাদন :—বীটের মূলগুলিকে ধৌত করিয়া ময়লামাটি মুক্ত করা হয় এবং পরে যন্ত্রের সাহায্যে ছোট ছোট টুকরায় কাটা হয়। এই টুকরাগুলিকে একসারি গামলায় 70° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় প্রথম দিকের গামলায় একবার অন্যান্য গামলায় ডোবানো টুকরাগুলি ভেজানো হয়। এইভাবে দ্রবণে শতকরা 12 হইতে 15 ভাগ সুক্রোজ আসিয়া থাকে। দ্রবণকে 80°—90° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় শতকরা 2—3 ভাগ চুন যোগ করিয়া দুইঘণ্টা রাখিয়া দেওয়া হয়। বেশী চুন কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসের সাহায্যে ক্যালসিয়াম কার্বনেটরূপে অধঃক্ষিপ্ত করা হয়; ইহাতে ক্যালসিয়াম অক্সাইডের সহিত সুক্রোজের যুক্ত-যৌগ $C_{12}H_{22}O_{11}$ $CaO, 2H_2O$ যাহা চুন যোগ করিলে উৎপন্ন হয় তাহাও ভাঙ্গিয়া সুক্রোজ উৎপন্ন হয়। সময় সময় সলফার ডাই-অক্সাইড গ্যাস দ্রবণের ভিতর দিয়া অতিক্রম করাইয়া দ্রবণটিকে বর্ণহীন করা হয়। পরে রসটিকে পরিস্রাবিত করিয়া অনুপ্রেষ বাষ্পীকারকে ষ্টীমের সাহায্যে ঘন করা হয়। পরে ঠাণ্ডা করিলে সুক্রোজের দানাগুলি মুক্ত হয় এবং তাহাদের সেণ্ট্রিফিউজের সাহায্যে বাদামী রং-এর গুড় হইতে পৃথক করিয়া সংগ্রহ করা হয়। ইহাই আমাদের দেশে কাশীর চিনি নামে বাজারে পরিচিত।

আঁখের চিনির (সুক্রোজের) ধর্ম ও ব্যবহার :—আঁখের চিনি বর্ণহীন স্ফটিকাকৃতি জলে দ্রাব্য কঠিন পদার্থ। ইহার স্বাদ মিষ্ট, ইহা অ্যালকোহলে অদ্রাব্য। 190° হইতে 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহাকে উত্তপ্ত করিলে ইহা হইতে সামান্য জল

অপসারিত হইয়া **ক্যারামেল** (Caramel) নামক বাদামী রং-এর আঠালো পদার্থে ইহা পরিণত হয়। এই ক্যারামেল নানা প্রকার মিষ্টদ্রব্য (Confectionery) প্রস্তুতে এবং ঔষধে ও মদে রং করিতে ব্যবহৃত হয়। আরও উচ্চ উষ্ণতায় আঁখের চিনি একেবারেই জলশূন্য হয় এবং অবশিষ্ট কার্বন পড়িয়া থাকে; তাই আঁখের চিনির অন্তর্ধূম পাতনের ফলে **শর্করা কয়লা** (sugar charcoal) উৎপন্ন হয়। আঁখের চিনির দ্রবণকে পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিড বা পাতলা হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া ফুটাইলে উহা আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া দ্রবণে গ্লুকোজ (Glucose) এবং ফ্রুক্টোজ (fructose) উৎপাদন করে। $C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O=C_6H_{12}O_6+C_6H_{12}O_6$। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড আঁখের চিনির ঘন দ্রবণে যোগ করিলে উহা উথলাইয়া উঠে এবং কালো কার্বন পৃথক হইয়া বাহির হইয়া আসে।

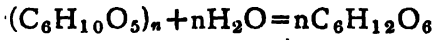
$$C_{12}H_{22}O_{11}+[H_2SO_4]=12C+[H_2SO_4+11H_2O]$$

গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড দিয়া উত্তপ্ত করিলে আঁখের চিনি অক্স্যালিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। ইন্‌ভারটেজ নামক এনজাইম (Enzyme) আঁখের চিনির দ্রবণকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে। পরে জাইমেজ (Zymase) নামক এনজাইমের ক্রিয়ার দ্বারা ইহাকে অ্যালকোহলে পরিণত করা যায়। আঁখের চিনির কোন বিজারক গুণ নাই তাই ইহা ফেলিং-এর দ্রবণকে [Fehling's solution, কপার সলফেটের দ্রবণে সম-আয়তন সোডিয়াম পটাসিয়াম টার্ট্রেট ও কষ্টিক সোডার মিশ্রিত দ্রবণ যোগ করিয়া উৎপন্ন হয়—ইহার বর্ণ ঘোর নীল] বিজারিত করিয়া লাল কিউপ্রাস অক্সাইড উৎপন্ন করিতে পারে না।

আমাদের দৈনন্দিন খাদ্যদ্রব্যে মিষ্টদ্রব্য হিসাবে প্রচুর আঁখের চিনি ব্যবহৃত হয়। তাহা ছাড়া লজেন্‌স্, মিছরি ও অন্যান্য নানাবিধ লোভনীয় মিষ্টখাদ্য ইহা হইতে প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

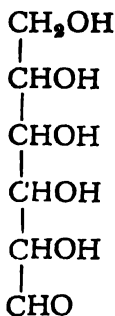
গ্লুকোজ (Glucose) **বা দ্রাক্ষাশর্করা,** $C_6H_{12}O_6$: পাকা আঙুরে ইহা পরিমাণে বেশী (শতকরা 20 হইতে 30 ভাগ) পাওয়া যায়, তাই ইহার নাম দ্রাক্ষাশর্করা দেওয়া হইয়াছে। ইহা ছাড়া নানাপ্রকার পাকা মিষ্টফলের, ফুলের ও মৌচাকের মধুতে, উৎপাদিত ইক্ষুশর্করায় গ্লুকোজের অস্তিত্ব দেখা যায়। আমাদের দেহের ভিতর গৃহীত খাদ্যের আঁখের চিনি ও শ্বেতসার আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া গ্লুকোজে পরিণত হয়।

প্রস্তুত প্রণালী :—আঁখের চিনিকে গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত মিশ্রিত করিয়া (40 গ্রাম আঁখের চিনিতে 4 ঘন সেন্টিমিটার অ্যাসিড) শতকরা 70 ভাগ ইথাইল অ্যালকোহলযুক্ত দ্রবণে একটি ফ্লাস্কে লইয়া উহাকে উত্তপ্ত করা হয়। এই মিশ্রণটিকে মাঝে মাঝে ঝাঁকাইয়া 50° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় দুইঘণ্টা ধরিয়া উত্তপ্ত করা হয়। পরে ঠাণ্ডা করিয়া একটু গ্লুকোজের দানা যোগ করিলে সমস্ত গ্লুকোজ অ্যালকোহলে অদ্রাব্য বলিয়া প্রথমে কেলাসিত হয়। এইভাবে উৎপন্ন গ্লুকোজের দানাগুলিকে ছাঁকিয়া সংগ্রহ করা হয় এবং শতকরা 40 ভাগ অ্যালকোহলের দ্রবণ হইতে পুনঃ কেলাসিত করিয়া বিশুদ্ধ করা হয়।

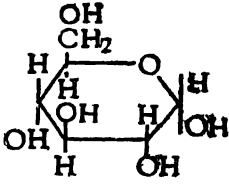
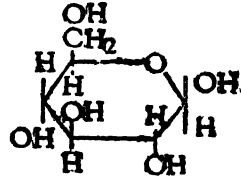
(ii) ইহার পণ্য উৎপাদনে ষ্টার্চ বা শ্বেতসার ব্যবহৃত হইয়া থাকে। শ্বেতসার আলু বা ভুট্টা হইতে সংগ্রহ করা হয় এবং উহার সহিত শতকরা 0·5 ভাগ সলফিউরিক অ্যাসিড ও ষ্টার্চের ওজনের 3 গুণ জল মিশাইয়া 4 হইতে 5 গুণ বায়ু চাপে মিশ্রণকে উত্তপ্ত করা হয়। প্রায় দেড়ঘণ্টা সময়ে সমস্ত ষ্টার্চ আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া গ্লুকোজে পরিণত হয়।

$$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O = nC_6H_{12}O_6$$

উৎপন্ন দ্রবণকে সোডাভস্ম (Na_2CO_3) যোগ করিয়া প্রশমিত করিয়া জৈব কয়লার (animal charcoal) ভিতর দিয়া চালিত করিয়া বর্ণহীন করা হয়। পরে দ্রবণটিকে অল্পচাপে উত্তাপ প্রয়োগে গাঢ় করিয়া শীতল করিলে গ্লুকোজের একটি চাঙ পাওয়া যায়। তাহাকে ছোট ছোট টুকরায় কাটিয়া বিক্রয়ার্থ বাজারে পাঠানো হয় (অথবা উৎপন্ন ঘন দ্রবণকে সিরাপ হিসাবে মিষ্টদ্রব্যের দোকানে পাঠাইয়া দেওয়া হয়)।

দ্রাক্ষাশর্করার ধর্ম ও ব্যবহার :—দ্রাক্ষাশর্করা একটি সাদা কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহার মিষ্ট স্বাদ আছে বটে, কিন্তু ইহা ইক্ষু শর্করা অপেক্ষা কম মিষ্ট। ইহা জলে দ্রাব্য এবং জলীয় দ্রবণ হইতে ইহা এক অণু জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া কেলাসিত হয়, এই কেলাসগুলি 83° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় গলিয়া তরলে পরিণত হয়। কিন্তু অ্যালকোহলের দ্রবণ হইতে কেলাসিত করিলে যে কঠিন কেলাস পাওয়া যায় তাহার গলনাঙ্ক 148° সেন্টিগ্রেড। ইহার দ্রবণে ঈষ্ট (yeast) যোগ করিলে ইহা সন্ধিত (fermented) হইয়া ইথাইল অ্যালকোহল ও কার্বন

ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহার অণুতে অ্যালকোহলের মূলক—OH পাঁচটি আছে এবং একটি অ্যালডিহাইড মূলক—CHO আছে। তাই ইহার সংযুতি সংকেত এক সময় নিম্নলিখিতভাবে দেখান হইত :—

ইহার রাসায়নিক বিক্রিয়াগুলিও এই সংকেতের সহিত বেশীর ভাগই মিলিয়া যায়; যথা পাঁচটি অ্যালকোহলের মূলক—OH থাকার ফলে ইহার এক অণু পাঁচ অণু অ্যাসিটাইল ক্লোরাইডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া পেণ্টা-অ্যাসিটাইল যৌগ উৎপন্ন করে। ইহার অণুতে অ্যালডিহাইড মূলক—CHO থাকার ফলে ইহা হাইড্রোসায়ানিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সায়ান্‌হাইড্রিন গঠন করে এবং ইহা ফেলিং-এর দ্রবণকে উত্তাপ প্রয়োগে বিজারিত করিয়া দ্রবণ হইতে লাল কিউপ্রাস অক্সাইড অধঃক্ষিপ্ত করে ও অ্যামোনিয়াযুক্ত সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণকে বিজারিত করিয়া সিলভারের স্তর উৎপাদন করিয়া পাত্রের কাচকে আয়নায় পরিবর্তিত করে। ফেলিং-এর দ্রবণের সাহায্যে বহুমূত্র রোগীর (diabetic patient) মূত্রে চিনির অস্তিত্বও নির্ণীত হয় এবং উহার পরিমাণও স্থির করা হয়। জারক দ্রব্যের সহিত বিক্রিয়ায় গ্লুকোজের অণুতে অবস্থিত—CHO মূলক জারিত হইয়া—COOH মূলকে পরিণত হয় এবং উৎপন্ন অ্যাসিডকে গ্লুকোনিক অ্যাসিড বলে। আবার গ্লুকোজের দ্রবণে সোডিয়াম অ্যামালগাম যোগ করিয়া উহাকে বিজারিত করিলে—CHO মূলক —CH_2OH মূলকে রূপান্তরিত হয় এবং সর্‌বিটল (sorbitol) নামক অ্যালকোহল উৎপন্ন হয়।

কিন্তু গ্লুকোজের কোন কোন ধর্ম উপরের মুক্ত-শৃঙ্খল সংযুতি সংকেত দ্বারা ব্যাখ্যা করা যায় না যেমন ইহাতে অ্যালডিহাইড মূলক—CHO থাকিলেও ইহা সোডিয়াম বাই-সলফাইটের সহিত যুতযৌগ গঠন করে না এবং অ্যামোনিয়ার সহিত অ্যালডিহাইড-অ্যামোনিয়া গঠিত করে না। তাই বর্তমানে পরপৃষ্ঠায় বৃত্তাকারে সংযুতি সংকেত দ্বারা গ্লুকোজ প্রকাশিত করা হয় :—

গ্লুকোজ প্রধানতঃ রোগীর পথ্য ও ঔষধ দুইভাবেই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। খাদ্যদ্রব্য মিষ্ট স্বাদযুক্ত করিতে, আচার, জেলি ও ফল সংরক্ষণে, আয়না প্রস্তুতে,

আল্ফা-গ্লুকোজ বিটা-গ্লুকোজ

কাচের উপর সিলভারের প্রলেপ দিতে এবং উত্তম মদ তৈয়ারীতে ইহা ব্যবহৃত হয়। ইহা হইতে কৃত্রিম উপায়ে ভাইটামিন সি (vitamin C) প্রস্তুত করা হইতেছে।

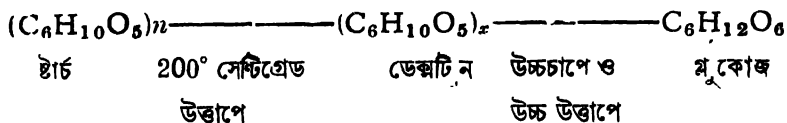
শ্বেতসার বা ষ্টার্চ (Starch), $(C_6H_{10}O_5)_n$:—ইহারা অতি জটিল কার্বোহাইড্রেট। ইহাদের আণবিক সংকেত সঠিক জানা নাই। স্থূলসংকেত নির্ণীত হইয়াছে এবং আণবিক সংকেত তাহার n গুণ ধরিয়া আণবিক সংকেত লেখা হইয়াছে। শ্বেতসার বা ষ্টার্চ সাধারণতঃ উদ্ভিদের বিভিন্ন অংশে, যথা বীজ, মূল বা স্ফীত কাণ্ডে (tubers) সঞ্চিত হইয়া থাকিতে দেখা যায়। খাদ্যদানায়, যথা চাউলে, ভুট্টায়, আলুতে, বার্লিতে প্রচুর ষ্টার্চ থাকে। আলুতে তাহার ওজনের শতকরা 15 হইতে 20 ভাগ, ভুট্টার ওজনের শতকরা 65 হইতে 70 ভাগ, চাউলের ওজনের শতকরা প্রায় 75 ভাগ এবং গমের ওজনের শতকরা 60 হইতে 70 ভাগ ষ্টার্চ।

প্রস্তুত প্রণালী :—আলু হইতে বিশুদ্ধ ষ্টার্চ বা শ্বেতসার পাইতে হইলে উহাকে বেশ করিয়া ধুইয়া ময়লামাটি মুক্ত করিয়া লওয়া হয়। পরে ছোট ছোট টুকরায় কাটিয়া জলের সহিত পিষিয়া থকথকে দ্রব্যে পরিণত করা হয়। ইহাতে ষ্টার্চের দানাগুলি কোষের প্রাচীর ভাঙ্গিয়া বাহিরে আসিয়া যায়। এই থকথকে দ্রব্যকে জল দিয়া বেশ ভাল করিয়া ধুইয়া তারের ছাঁকনি (sieve) দিয়া ছাঁকিয়া শ্বেতসারের ছোট ছোট দানাগুলিকে বড় বড় দানা হইতে পৃথক্ করা হয়; ছোট ছোট দানাগুলি ছাঁকুনির ভিতর দিয়া চলিয়া যায়, বড় দানাগুলি ছাঁকুনির গায়ে আটকাইয়া থাকিয়া যায়। দুধের মত সাদা জলীয় মিশ্রণকে ফেলিয়া রাখিলে ষ্টার্চের দানাগুলি নীচে থিতাইয়া যায় এবং সেলুলোজের সূক্ষ্ম দানাগুলি উপরে ভাসিয়া উঠে। উপর হইতে ভাসমান অপদ্রব্যগুলি সরাইয়া লইয়া ষ্টার্চকে পুনরায় জল দিয়া ধৌত করা হয় এবং ষ্টার্চের দানাগুলিকে থিতাইতে দেওয়া হয়। উপর হইতে জল ঢালিয়া ফেলিয়া centrifuge-এর

সাহায্যে ষ্টার্চকে জল হইতে পৃথক করা হয়। পরে উনানের ভিতর রাখিয়া অল্পতাপে ষ্টার্চকে শুষ্ক করা হয়। এইভাবে প্রস্তুত শুদ্ধ ষ্টার্চে শতকরা 10 হইতে 20 ভাগ জল থাকে। চাউল হইতেও অনুরূপ উপায়ে শ্বেতসার প্রস্তুত করা হয়, কেবল প্রথমে পাতলা কষ্টিক সোডা সহযোগে চাউলের গুঁড়াকে নাড়িয়া আঠালো দ্রব্য এবং গ্লুটেন অপসারিত করা হয় এবং ষ্টার্চের দানাকে মুক্ত করা হয়।

ষ্টার্চের ধর্ম ও ব্যবহার :—শ্বেতসার বা ষ্টার্চ একটি সাদা, স্বাদহীন, গন্ধহীন অনিয়তাকার কঠিন পদার্থ। ইহা দুই প্রকার পদার্থের মিশ্রণ; ইহার শতকরা 80 হইতে 90 ভাগ অ্যামাইলো পেক্‌টিন (amylo pectin) এবং শতকরা 10 হইতে 20 ভাগ অ্যামাইলোজ (amylose)। জলের সহিত ফুটাইলে ষ্টার্চের অ্যামাইলোজ জলে দ্রাবিত হয়, কিন্তু অ্যামাইলোপেক্‌টিন দ্রাবিত হয় না ও লেই-এ (paste) পরিণত হয়।

উত্তাপ প্রয়োগে 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ষ্টার্চ আঠার মতো পদার্থে পরিণত হয়; উহাকে ডেক্সট্রিন (dextrin) বলে। আরও উচ্চ উত্তাপে ষ্টার্চ হইতে অন্যান্য পদার্থ উৎপন্ন হয়। উচ্চ চাপে জলের, অথবা গ্লিসারিণের বা পাতলা অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে ষ্টার্চ বিক্রিয়া করিয়া একটি সাদা পদার্থে পরিণত হয়, উহাই দ্রাব্যষ্টার্চ (soluble starch)। ইহার আণবিক ওজন 33000 বলিয়া মনে হয়। আরও বিক্রিয়ার ফলে আর্দ্রবিশ্লেষণ পরিপূর্ণভাবে সংঘটিত হইয়া ষ্টার্চ গ্লুকোজে পরিণত হয়।

$$\underset{\text{ষ্টার্চ}}{(C_6H_{10}O_5)_n} \xrightarrow[\text{উত্তাপে}]{\text{200° সেন্টিগ্রেড}} \underset{\text{ডেক্সট্রিন}}{(C_6H_{10}O_5)_x} \xrightarrow[\text{উচ্চচাপে ও উচ্চ উত্তাপে}]{+H_2O} \underset{\text{গ্লুকোজ}}{C_6H_{12}O_6}$$

বহু পরিমাণে ষ্টার্চ গ্লুকোজ, মদ, আঠা প্রভৃতি উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়। কাপড়কে বাজারের উপযুক্ত করিয়া ছাড়িতে ও কাগজ উৎপাদনে শেষ পদ্ধতি প্রয়োগের সময় ষ্টার্চ ব্যবহৃত হয়। খাদ্য হিসাবে চাউল, গম, যব, আলু ইত্যাদিরূপে ষ্টার্চ প্রতিনিয়তই আমরা ব্যবহার করিয়া থাকি।

সেলুলোজ (Cellulose), $(C_6H_{10}O_5)_y$:—যতপ্রকার জৈব পদার্থ

প্রকৃতিতে পাওয়া যায় তাহার ভিতর সেলুলোজের প্রাচুর্যই বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ইহা উদ্ভিদ জগতে ছড়াইয়া আছে এবং উদ্ভিদের কাষ্ঠ (wood) এবং তন্তু (fibre) সমস্তই সেলুলোজ দ্বারা গঠিত। পৃথিবীতে সেলুলোজের মোট ওজন প্রায় 1100×10^{12} কিলোগ্রাম বলিয়া স্থিরীকৃত হইয়াছে এবং ইহা পৃথিবীর সমগ্র কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজনের অর্ধেক। কার্বন ডাই-অক্সাইডই উদ্ভিদের সেলুলোজ গঠনে ব্যবহৃত হয়; সূর্যালোকের উপস্থিতিতে উদ্ভিদের সবুজ অংশ (chlorophyll) কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল হইতে এই পলিস্যাকারাইড উৎপন্ন করে। তূলা, পাট, শণ, কাঠ প্রভৃতির প্রধান উপাদানই হইল সেলুলোজ। বিশুদ্ধীকৃত তূলার শতকরা 99·6 ভাগই সেলুলোজ।

প্রস্তুত প্রণালী :—গাছ হইতে সংগ্রহ করা তূলায় সাধারণতঃ শতকরা 90 ভাগ সেলুলোজ এবং ৪ ভাগ জল থাকে, অন্যান্য অশুদ্ধির পরিমাণ শতকরা 2 ভাগ। স্নেহ ও মোমজাতীয় অশুদ্ধি অপসারণের জন্য তূলাকে প্রথমে অ্যালকোহল-বেনজিনের মিশ্রণ দিয়া ধৌত করা হয়। পরে কষ্টিক সোডার শতকরা একভাগ যুক্ত (1% solution) দ্রবণ দ্বারা বায়ুর অনুপস্থিতিতে ফুটাইয়া পেক্‌টিন জাতীয় দ্রব্য এবং অর্দ্ধ সেলুলোজ (semicelluloses) দ্রাবিত করিয়া অপসারিত করা হয়। বাকী তূলার অংশ সংগ্রহ করিয়া অ্যাসিটিক অ্যাসিড দিয়া ধুইয়া খনিজ পদার্থ অপসারিত করিয়া সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইটের পাতলা দ্রবণের সাহায্যে বিরঞ্জিত (bleached) করা হয়। পরে অবশিষ্ট সেলুলোজকে জল দিয়া ধুইয়া শুকাইয়া লওয়া হয়। শুষ্ক পদার্থে শতকরা 99·6 ভাগ সেলুলোজ থাকে।

সেলুলোজের ধর্ম ও ব্যবহার : সেলুলোজকে উত্তপ্ত করিলে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়, ইহার কোন সুনির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই। ইহা জল অপেক্ষা ভারী, ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব হইল 1·58। ইহা জলে অদ্রাব্য। সাধারণ দ্রাবকে ইহা অদ্রাব্য, কেবলমাত্র স্কুইজারের বিকারকে (Schweitzer's reagent—অ্যামোনিয়ায় কপার হাইড্রক্সাইডের দ্রবণ) ইহা দ্রাবিত হয়। এই দ্রবণে অ্যালকোহল, বা অ্যাসিড বা লবণ যোগ করিলে সেলুলোজ অধঃক্ষিপ্ত হয়। আর্দ্র বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ইহা হইতে গ্লুকোজ পাওয়া যায়। এই প্রক্রিয়া সংঘটিত করিতে হইলে প্রথমে সেলুলোজকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডে দ্রাবিত করিতে হয়; পরে সেই দ্রবণকে জল মিশাইয়া পাতলা করিয়া ফুটাইতে হয়।

$$(C_6H_{10}O_5)_y + yH_2O = yC_6H_{12}O_6$$

সেলুলোজ (H_2SO_4) গ্লুকোজ

দ্বারা

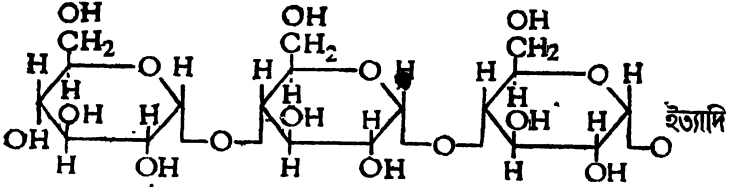
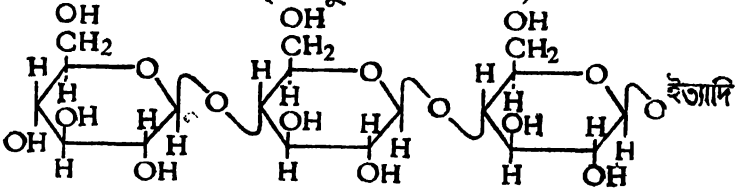
ফোটানর ফলে

সেলুলোজ কাগজ, কৃত্রিম রেশম, কামানে ব্যবহৃত কটন্ (Gun-cotton), সেলুলয়েড, বার্ণিশ, সিনেমাফিল্ম, অক্স্যালিক অ্যাসিড এবং পরিধেয় বস্ত্র প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। সময় সময় সেলুলোজ হইতে অ্যালকোহল উৎপাদন করা হয়। সেলুলোজ হইতে সেলুলোজ অ্যাসিটেট প্রস্তুত করিয়া তাহার সাহায্যে "অভঙ্গুর কাচ" (unbreakable glass) প্রস্তুত করা হয়। প্লাষ্টিক তৈয়ারী করিতেও সেলুলোজ অ্যাসিটেট ব্যবহৃত হইয়া থাকে। জারিত সেলুলোজ শল্যবিদ্যায় ব্যবহৃত ব্যাণ্ডেজ ও গজ (gauge) তৈয়ারী করিতে লাগে; ইহা আম্লিক বলিয়া সহজেই দেহ হইতে উৎপন্ন ক্ষারীয় তরলকে শোষণ করে।

ষ্টার্চ এবং সেলুলোজ অণুর গঠন:—ষ্টার্চ এবং সেলুলোজ একই পদার্থ গ্লুকোজ হইতে উৎপন্ন হয়। কিন্তু তাহা হইলেও এই দুইটির ধর্মে ও ব্যবহারে যথেষ্ট পার্থক্য দেখা যায়। ইহার কারণ এই দুইটি পদার্থ অনেকগুলি গ্লুকোজের অণুর সংযোগে উৎপন্ন হইলেও এই দুইটি পদার্থের অণুতে গ্লুকোজ অণুগুলির বিন্যাস বিভিন্ন প্রকার। ষ্টার্চ ও সেলুলোজের সংযুতি সংকেত পরপৃষ্ঠায় দেখান হইল।

সেলুলোজ হইতে জাত দ্রব্যাদির পরিচয়:—

(i) **কাগজ:**—সাধারণতঃ বাঁশ, নরম কাঠ বা ঘাস হইতে কাগজ প্রস্তুত করা হয়। কাঠ প্রকৃতপক্ষে সেলুলোজ ও লিগনিক অ্যাসিড হইতে উৎপন্ন এসটার বিশেষ, এইজন্য কাঠকে টুকরা টুকরা করিয়া কাটিয়া কষ্টিক সোডার দ্রবণ সংযোগে 160° হইতে 170° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 6 হইতে 8 গুণ বায়ুচাপে উত্তপ্ত করিলে উহা সেলুলোজ ও লিগনিক-অ্যাসিডের সোডিয়াম লবণে পরিণত হয়। সেলুলোজ জলে অদ্রাব্য, তাই ইহা লেই বা মণ্ডে (pulp) পরিণত হয়। এই মণ্ডে সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট যোগ করিয়া উহাকে বিবর্ণ (bleached) করা হয় এবং প্রচুর জলে ভাসাইয়া রাখা হয়। পরে অল্প পরিমাণে ইহাকে অন্তবিহীন সূক্ষ্ম তারজালির উপর চড়াইয়া দেওয়া হয়। ইহাতে পরস্পরের সঙ্গে সেলুলোজ-আঁশ দ্বারা বিজড়িত একটি সূক্ষ্ম পাতলা চাদর পাওয়া যায়। তৎপরে এই চাদরকে ষ্টীম দ্বারা উত্তপ্ত ফেল্টের রোলারের (steam-heated felt rollers)

ভিতরে দিয়া পেষণ করিলে ব্লটিং পেপারের মত কাগজ উৎপন্ন হয়। ইহাই ব্লটিং কাগজরূপে ব্যবহৃত হয় ও ফিলটার কাগজও এইভাবে পাওয়া যায়। এই কাগজের উপর ফটকিরি, রজন, জিলেটিন প্রভৃতি দ্বারা একটি সূক্ষ্ম আস্তরণ দিয়া মসৃণ

স্টার্চ (আলফা-গ্লুকোজ দ্বারা গঠিত)

সেলুলোজ (বিটা-গ্লুকোজ দ্বারা গঠিত)

(sizing) করিয়া ইহাকে কালি দিয়া লেখার উপযোগী কাগজে পরিণত করা হয়। অমসৃণ কাগজ, যথা ব্লটিং কাগজ, ফিলটার কাগজ শতকরা 80 ভাগ H_2SO_4-এর দ্রবণে ডুবাইলে উহা শক্ত ও ঈষৎ স্বচ্ছ (translucent) হয়। এই কাগজকে প্রথমে জলে এবং পরে অ্যামোনিয়া দ্রবণ দিয়া ধৌত করিলে ইহা মসৃণ **পার্চমেণ্ট** (Parchment) কাগজে পরিণত হয়।

(ii) **মার্সিরাইজ করা তুলা**ঃ—তুলার আঁশকে শতকরা 20 ভাগ কষ্টিক সোডাযুক্ত দ্রবণের সহিত উচ্চচাপে ফুটাইলে আঁশগুলি রেশমের মত চকচকে হয়। ইহাকেই মার্সিরাইজড (mercerised) তুলা বলে।

(iii) **নাইট্রোসেলুলোজ** (nitrocellulose) :—গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড ও গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের 3 : 1 মিশ্রণে নিম্ন উত্তাপে সেলুলোজ যোগ করিলে বিক্রিয়া সংঘটিত হইয়া **নাইট্রোসেলুলোজ** অথবা সেলুলোজ ট্রাই-নাইট্রেট নামক এস্টার উৎপন্ন হয়। সেলুলোজের সংযুতি সংকেত হইতে বুঝা যায় যে উহার প্রতিটি গ্লুকোজ এককে (glucose unit) তিনটি করিয়া—OH পুঞ্জ আছে। অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ফলে ইহা যথাক্রমে মনো,—ডাই-এবং ট্রাই-এস্টার উৎপাদন করে। নাইট্রোসেলুলোজ হইল ট্রাইনাইট্রেট। ইহার আর এক নাম

গান-কটন (gun-cotton)। ইহা বহুল পরিমাণে তীব্র বিস্ফোরকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। আবার ইহার সহিত নাইট্রোগ্লিসারিণ মিশাইয়া রাইফেলের গুলিতে ব্যবহৃত **কর্ডাইট** (cordite, শতকরা 37 ভাগ গান-কটন্, 58 ভাগ নাইট্রো-গ্লিসারিণ এবং 5 ভাগ ভেসেলিনের মিশ্রণ) এবং বিস্ফোরক জিলেটিন (Blasting gelatin) প্রভৃতি প্রস্তুত করা হয়।

(iv) **কলোডিয়ন** (collodion) এবং **সেলুলয়েড** (celluloid):—**পাইরোক্সিলিন** (pyroxylin) নামক সেলুলোজের ডাইনাইট্রেটকে ইথার ও অ্যালকোহলের মিশ্রণে দ্রবীভূত করিলে কলোডিয়ন (collodion) নামক স্বচ্ছ ফিল্ম প্রস্তুত হয়। কলোডিয়ন ফটোগ্রাফিতে, ঔষধে এবং কৃত্রিম রেশম প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। পাইরোক্সিলিনকে শতকরা 20 ভাগ কর্পূর (camphor) এবং অ্যালকোহলের সহিত মিশ্রিত করিয়া উচ্চ চাপে 75° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে সেলুলয়েড উৎপন্ন হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় ইহাকে ছাঁচে ঢালিয়া যে কোন আকারের দ্রব্য (যথা চিরুণী, ছুরির হাতল, কৃত্রিম হাতির দাঁত, চশমার ফ্রেম, ইত্যাদি) প্রস্তুত করা যায়। ঠাণ্ডা হইলে উহা খুব শক্ত হয়। ইহা সহজ দাহ্য কিন্তু বিস্ফোরক নহে। ইহা কাচের বদলে ফটোগ্রাফীর ফিল্ম প্রস্তুতে প্রথম 1889 খ্রীষ্টাব্দে মার্কিণ বৈজ্ঞানিক ঈষ্টম্যান ব্যবহার করেন এবং সেই হইতে ইহা প্রধানতঃ ফটোগ্রাফীর ফিল্ম প্রস্তুতেই ব্যবহৃত হইয়া আসিতেছে।

(v) **সেলোফেন** (cellophane): ইহা একপ্রকার স্বচ্ছ কাগজ। কাষ্ঠের মণ্ডকে কষ্টিক সোডা ও কার্বন ডাইসলফাইডে দ্রাবিত করা হয় এবং এই কমলা রং-এর সান্দ্র (viscose) দ্রবণকে একটি ছ্যাঁদার ভিতর দিয়া অ্যাসিডের ভিতর ছাড়িয়া দেওয়া হয়। ইহাতে যে ফিল্মের কাগজ উৎপন্ন হয় তাহা দ্বারা ধূলিনিবারক ঠোঙ্গা এবং তড়িতের অন্তরক (electric insulator) প্রস্তুত করা হয়। ইহাকে একটি স্বচ্ছ ল্যাকারের (lacquer) সাহায্যে জলরোধী করা হয় এবং গ্লিসারিণের দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিয়া নরম করা হয়।

কৃত্রিম রেশম (Artificial silk) **বা রেয়ন** (Rayon):—প্রাকৃতিক রেশম প্রোটিন তন্তু এবং ইহা এক প্রকারের কীট হইতে উৎপন্ন হয়। কিন্তু কৃত্রিম রেশম সেলুলোজ হইতে প্রস্তুত করা হয়। এই কৃত্রিম রেশম প্রস্তুতে তুলার তন্তু ব্যবহৃত হয় এবং কৃত্রিম রেশম উৎপন্ন হইবার সময় তুলার কার্বোহাইড্রেটের গঠনের পরিবর্তন হয়। সাধারণতঃ সেলুলোজের অথবা সেলুলোজ অ্যাসিটেটের দ্রবণকে

উচ্চ চাপে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ছিদ্র দিয়া এমন একটি দ্রবণে যোগ করা হয় যেখানে সেলুলোজ ও তাহার অ্যাসিটেটের দ্রাবক অপসারিত হয় এবং সেলুলোজ উজ্জ্বল চক্‌চকে সরু সূতায় পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়া দুইটি পদ্ধতিতে নিষ্পন্ন হইয়া থাকে। যথা,

(ক) **ভিস্কোজ-পদ্ধতি** (Viscose process):—এই পদ্ধতিতে প্রথমে বিশুদ্ধ কাঠের মণ্ডকে শতকরা 18 ভাগ কষ্টিক সোডার দ্রবণে সাধারণ উষ্ণতায় যোগ করা হয়। ইহাতে যে ক্ষারীয় সেলুলোজ উৎপন্ন হয় তাহার সহিত কার্বন ডাইসলফাইড যোগ করিয়া **সেলুলোজ জ্যানথেট** (cellulose xanthate) উৎপাদন করা হয়। এই সেলুলোজ জ্যানথেটকে কষ্টিক সোডার পাতলা দ্রবণে যোগ করিয়া সান্দ্র (viscous) দ্রবণ পাওয়া যায় ; তাহাকে ভিস্‌কোস (viscose) বলে। এই ভিসকোসকে সূক্ষ্ম ছিদ্রের মধ্য দিয়া পাতলা সলফিউরিক অ্যাসিডের গাহে যোগ করিলে সেলুলোজ চক্‌চকে সূতার আকারে বাহির হয়। এই সূতাকেই **রেয়ন** (Rayon) বা **কৃত্রিম রেশম** বলে।

(খ) **অ্যাসিটেট-পদ্ধতি** (Acetate process): এই পদ্ধতিতে বিশুদ্ধ তুলার ছাঁটকে অ্যাসিটিক অ্যানহাইড্রাইড (acetic anhydride), [$(CH_3CO)_2O$] এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডের মিশ্রণের সহিত গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড বা জিঙ্ক ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে **সেলুলোজ ট্রাই-অ্যাসিটেট** (cellulose triacetate) উৎপন্ন হয়। ইহাকে অ্যাসিটোনে দ্রবীভূত করিয়া যে দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাকে সূক্ষ্ম ছিদ্র পথে একটি উত্তপ্ত প্রকোষ্ঠের ভিতর চালনা করা হয়। অ্যাসিটোন উদ্বায়ী বলিয়া সঙ্গে সঙ্গে বাষ্পীভূত হইয়া উড়িয়া যায় এবং কৃত্রিম রেশমের চকচকে সূতা পাওয়া যায়। দ্রাবকটি অর্থাৎ অ্যাসিটোন আংশিকভাবে উদ্ধার করিয়া পুনরায় ব্যবহার করা হয়। অ্যাসিটেট রেয়ন ভিসকোস্ রেয়ন অপেক্ষা অধিক টেকসই এবং দেখিতে সুন্দর ; ইহাদের মূল্যও ভিসকোস্ রেয়নের তুলনায় কিছু বেশী। রেয়নের মূল্য প্রাকৃতিক সিল্কের মূল্যের চারভাগের একভাগ, এবং কৃত্রিম রেশম হইতে উৎপন্ন বস্ত্রাদি সহজদাহ্য নয়। এইজন্য এই জাতীয় বস্ত্রাদির চাহিদা ক্রমশঃই বৃদ্ধি পাইতেছে।

স্বাভাবিক রেশম এবং কৃত্রিম রেশম চিনিয়া লইতে হইলে উভয় প্রকারের একটি করিয়া সূতা লইয়া অগ্নিসংযোগ করা হয়। স্বাভাবিক রেশম পুড়িলে চুল পোড়া দুর্গন্ধ বাহির হয়, কৃত্রিম রেশমে কোন প্রকার দুর্গন্ধ বাহির হয় না।

Questions

1. What is the functional group present in alcohols ?

Describe the preparation and properties of methyl alcohol. How is it distinguished from ethyl alcohol ?

১। অ্যালকোহলে কোন্ কার্যকরীমূলক বর্তমান ? মিথাইল অ্যালকোহলের উৎপাদন পদ্ধতি এবং ধর্মাবলী বর্ণনা কর। ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইহা কিভাবে পৃথক্ দ্রব্য বলিয়া চেনা হয় ?

2. Describe the manufacture of ethyl-alcohol from molasses and from starchy material.

Starting with ethyl alcohol how would you prepare (i) diethyl ether, (ii) ethyl chloride, (iii) iodoform and (iv) ethylene ?

২। ঝোলা গুড় এবং শ্বেতসার ঘটিত পদার্থ হইতে ইথাইল অ্যালকোহলের পণ্য উৎপাদন বর্ণনা কর।

ইথাইল অ্যালকোহল হইতে (ক) ডাইইথাইল ইথার, (খ) ইথাইল ক্লোরাইড, (গ) আয়োডোফর্ম এবং (ঘ) ইথিলিন কি উপায়ে প্রস্তুত করা হয় ?

3. What types of relations exist between alcohols on the one hand and aldehydes and ketones on the other ? How would you convert an alcohol into an aldehyde or a ketone ?

৩। একদিকে অ্যালকোহল এবং অন্যদিকে অ্যালডিহাইড ও কিটোনের ভিতর কি সম্পর্ক বিদ্যমান ? একটি অ্যালকোহলকে কোন্ উপায়ে অ্যালডিহাইড বা কিটোনে পরিবর্তিত করিবে ?

4. Describe the action of concentrated sulphuric acid on ethyl alcohol. How does ethyl alcohol react with metallic sodium, phosphorus pentachloride, chlorine and nitric acid ? Give equations.

৪। ইথাইল অ্যালকোহলের উপর গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া বর্ণনা কর। ইথাইল অ্যালকোহলের সহিত ধাতব সোডিয়াম, ফস্‌ফোরাস পেণ্টাক্লোরাইড, ক্লোরিণ এবং নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

5. What is pyroligneous acid and how is it obtained ? What compounds does it contain and how are they separated ?

৫। পাইরোলিগ্‌নিয়াস অ্যাসিড কি পদার্থ এবং উহা কিভাবে পাওয়া যায় ? ইহার ভিতর কোন্ কোন্ জৈব যোগ দেখিতে পাওয়া যায় এবং উক্ত যোগগুলিকে কোন্ উপায়ে পৃথক্ করা যায় ?

6. Describe any method of preparing methyl alcohol. How is it converted into formaldehyde ? Give their structural formulæ. What do you understand by "methylated spirit" and "formalin" ? [West Bengal Secondary Board (Science), 1960].

৬। মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুতের যে কোন পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহাকে ফরম্যালডিহাইডে কিভাবে পরিবর্তিত করিবে ? ইহাদের সংযুতি সংকেত লিখিয়া দেখাও। "মেথিলেটেড স্পিরিট" এবং "ফর্ম্যালিন" বলিতে কি বুঝ ?

7. Write notes on : (a) alcoholic fermentation, (b) hydrolysis of esters, (c) saponification, (d) methylated spirit.

৭। টীকা লিখ :—(ক) সন্ধান প্রক্রিয়া ; (খ) এস্টারের আর্দ্র বিশ্লেষণ ; (গ) সাবানীকরণ ; (ঘ) মেথিলেটেড স্পিরিট।

8. What is glycerine ? How can it be separated from soap lye ? What is its structural formula ? What are its uses ?

৮। গ্লিসারিণ কি পদার্থ ? সাবানীকরণ প্রক্রিয়ায় উৎপন্ন অবশিষ্ট তরল হইতে ইহা কোন্ উপায়ে পৃথক্ করা হয় ? ইহার সংযুতি সংকেত কি প্রকার ? ইহার ব্যবহার কোথায় কোথায় হইয়া থাকে ?

9. What are the functional groups of aldehydes and ketones ? How is formaldehyde prepared and what are its uses ?

৯। অ্যালডিহাইড এবং কিটোনের কার্যকরীমূলক কি কি ? ফর্ম্যালডিহাইড কিভাবে প্রস্তুত করা হয় ? ইহার ব্যবহার বর্ণনা কর।

10. How would you distinguish between an aldehyde and a ketone ? Describe the preparation of acetaldehyde and acetone from acetic acid. Mention their uses.

১০। অ্যালডিহাইড এবং কিটোনের ভিতর পার্থক্য কিভাবে স্থির করা হয় ? অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে অ্যাসিট্যালডিহাইড এবং অ্যাসিটোনের প্রস্তুতি বর্ণনা কর। ইহাদের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

11. How is anhydrous formic acid prepared from oxalic acid ? What are its uses ?

১১। অক্স্যালিক অ্যাসিড হইতে কোন্ উপায়ে নির্জলিত ফরমিক অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায় ? ইহার ব্যবহার বর্ণনা কর।

12. How is acetic acid prepared ? Starting with acetic acid how can you prepare (a) methane, (b) ethyl acetate ?

How would you differentiate between formic acid and acetic acid ?

Can you state wherefrom the reducing property comes in formic acid ?

১২। অ্যাসিটিক অ্যাসিড কি উপায়ে প্রস্তুত করা হয় ? অ্যাসিটিক অ্যাসিড হইতে কোন পদ্ধতি প্রয়োগে (ক) মিথেন এবং (খ) ইথাইল অ্যাসিটেট প্রস্তুত করা হয়।

ফর্মিক এবং অ্যাসিটিক অ্যাসিডের পার্থক্য কিভাবে স্থির করা হয় ? ফর্মিক অ্যাসিডের বিজারণ গুণ কি কারণে হয় তাহা উল্লেখ কর।

13. What is vinegar ? How is it manufactured from ethyl alcohol ? What are its uses ? Can it be converted into glacial acetic acid ?

১৩। ভিনিগার কি জিনিষ ? ইথাইল অ্যালকোহল হইতে ইহার পণ্য উৎপাদন কিভাবে সংঘটিত করা হয় ? ইহার ব্যবহার বর্ণনা কর। ইহাকে কি গ্লেসিয়াল অ্যাসিটিক অ্যাসিডে পরিণত করা যায় ?

14. What are oils and fats ? Classify oils. What is obtiained by hydrolysis of oil ? What are soaps ? What is hydrogenaration of oils ?

১৪। তৈল এবং চর্বি কোন্ জাতীয় পদার্থ ? তৈলের বিভাগ বর্ণনা কর। তৈলের আর্দ্র বিশ্লেষণ করিয়া কি পাওয়া যায় ? সাবান কি প্রকার পদার্থ ? তৈলে হাইড্রোজেন সংযোগ কাহাকে বলে ?

15. What are carbohydrates ? How are they classified ? Give illustrative examples.

১৫। কার্বোহাইড্রেট কাহাকে বলে ? উহাদের শ্রেণীবিভাগ কিভাবে হয় ? উদাহরণ দিয়া বুঝাইয়া দাও।

16. How is glucose prepared from strach ? Write its structural formula. Mention its uses.

১৬। শ্বেতসার হইতে গ্লুকোজ প্রস্তুতের প্রণালী বর্ণনা কর। গ্লুকোজের সংযুতি-সংকেত লিখিয়া দেখাও। ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

17. How is sucrose obtained from sugarcane in the pure form ? Mention its uses.

১৭। আখ হইতে বিশুদ্ধ সুক্রোজ উৎপাদনের পদ্ধতি বর্ণনা কর। ইহার ব্যবহার উল্লেখ কর।

18. What is the essential difference between starch and cellulose ? How can a pure sample of starch prepared ?

১৮। শ্বেতসার এবং সেলুলোজের ভিতর আসল পার্থক্য কোথায় ? একটি বিশুদ্ধ শ্বেতসারের নমুনা কিভাবে প্রস্তুত করা যায় ?

19. What is cellulose ? How is it obtained from wood ? Describe the various products obtained from cellulose.

১৯। সেলুলোজ কি প্রকার পদার্থ ? কাঠ হইতে ইহা কিভাবে পাওয়া যায় ? সেলুলোজ হইতে উৎপন্ন বিভিন্ন পদার্থের একটি বিবৃতি দাও।

Q. 20. Write note on :

(*a*) soap, (*b*) nitrocellulose, (*c*) rayon, (*d*) celluloid and (*e*) cellophane paper.

২০। টীকা লিখ :—(ক) সাবান, (খ) নাইট্রোসেলুলোজ, (গ) রেয়ন বা কৃত্রিম রেশম, (ঘ) সেলুলয়েড এবং (ঙ) সেলোফেন কাগজ।

পঞ্চম অধ্যায়

অ্যারোমেটিক যৌগসমূহ

(Aromatic Compounds)

অ্যারোমেটিক যৌগ (Aromatic Compounds) :—পূর্বকালের রাসায়নিকেরা পদার্থগুলিকে তাহাদের ভৌতধর্মের উপর নির্ভর করিয়া বিভাগ করিতেন, যেমন সমস্ত গ্যাসকেই "বায়ু" বলিয়া অভিহিত করা হইত ; সলফিউরিক অ্যাসিডকে ভিট্রিয়লের তৈল (oil of vitriol) বলা হইত, চুনগোলাকে চুনের দুধ (milk of lime) বলা হইত। সেইরূপ অনেক উদ্ভিজ্জ পদার্থের অনুরূপভাবে নামকরণ করা হইয়াছিল, যেমন তিক্ত আলমণ্ডের তৈল (oil of bitter almonds), বেনজোয়িন আঠা (gum benzoin), লেবুর তৈল (oil of lemon), উইণ্টারগ্রীণের তৈল (oil of wintergreen) ইত্যাদি। এই দ্রব্যগুলি সুগন্ধযুক্ত এবং ইহাদের ব্যবহার অনেকদিন হইতে চলিয়া আসিতেছে। এই পদার্থগুলির সুগন্ধ (aroma) আছে বলিয়া ইহাদিগকে "গন্ধবহ" (aromatic) যৌগ বলা হয়। পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে, ইহাদের সমস্তই কার্বনের বৃত্তাকার যৌগ।

অ্যারোমেটিক যৌগ ও অ্যালিফ্যাটিক যৌগের ভিতর কতকগুলি পার্থক্য দেখা যায়। দুই শ্রেণীর হাইড্রোকার্বনের ও তাহাদের যৌগের তুলনামূলক আলোচনা নিম্নে প্রদত্ত হইল।

অ্যালিফ্যাটিক হাইড্রোকার্বন ও তাহাদের যৌগ

1. এই হাইড্রোকার্বনগুলিতে কার্বনের ভাগ অপেক্ষাকৃত কম থাকে।

যথা, হেক্সেন হইল C_6H_{14}

2. এই শ্রেণীর হাইড্রোকার্বন পোড়াইলে খুব কমই ঝুল উৎপন্ন হয়।

3. এই শ্রেণীর যৌগে কার্বনের পরমাণু শৃঙ্খলাকারে যুক্ত থাকে। বিকারকের বিক্রিয়ায় ইহারা ভাঙ্গিয়া গিয়া কম কার্বন পরমাণুবিশিষ্ট যৌগ উৎপন্ন করিতে পারে।

4. এই শ্রেণীর সংপৃক্ত হাইড্রোকার্বনগুলি বিকারকের সহিত বিক্রিয়ায় যোগদান করে না, যেমন গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড, সলফিউরিক অ্যাসিড, কষ্টিক ক্ষার প্রভৃতি ইহাদের সহিত বিক্রিয়া করে না।

অ্যারোমেটিক হাইড্রোকার্বন ও তাহাদের যৌগ

1. এই হাইড্রোকার্বনগুলিতে কার্বনের ভাগ অপেক্ষাকৃত বেশী থাকে।

যথা, বেনজিন হইল C_6H_6

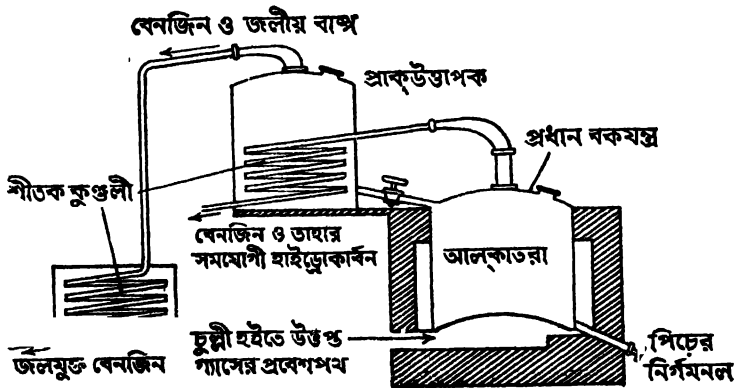
2. এই শ্রেণীর হাইড্রোকার্বন পোড়াইলে বেশী পরিমাণে ঝুল উৎপন্ন হয়।

3. সমস্ত অ্যারোমেটিক যৌগে একটি ছয়টি কার্বন পরমাণু বিশিষ্ট বৃত্ত থাকিবেই। জটিল অ্যারোমেটিক যৌগ বিভিন্ন বিকারক দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া বেনজিন অথবা ইহার কোন যৌগে পরিণত হয়। ছয়টার কম কার্বনযুক্ত বৃত্ত পাওয়া যায় না। সেই কারণে বেনজিনকে সমস্ত অ্যারোমেটিক যৌগের জনক ধরা হয় এবং বেনজিন হইতে উদ্ভূত বা উহার সহিত সংশ্লিষ্ট সমস্ত যৌগকে অ্যারোমেটিক যৌগ বলা হয়, সেইগুলিতে গন্ধ থাকুক বা না থাকুক।

4. এই শ্রেণীর হাইড্রোকার্বনগুলি বিক্রিয়াশীল; ইহারা গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিড, গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড প্রভৃতির সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

দুই শ্রেণীর হাইড্রোকার্বনই হ্যালোজেন মৌল ক্লোরিণ ও ব্রোমিনের সহিত বিক্রিয়ায় যোগ দেয়।

আলকাতরার অন্তর্ধূমপাতনে উদ্ভূত পদার্থসমূহ :—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে নরম বা বিটুমিনাস কয়লার (bituminous coal) 1000° হইতে 1400° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় অন্তর্ধূমপাতন সংঘটিত করিলে সমগ্র কয়লার প্রায় শতকরা 17 ভাগ আলকাতরারূপে পাতিত হয় (পৃঃ ৩১০)। এককালে মূল্যহীন উপজাত বলিয়া উপেক্ষিত কালো, তৈলাক্ত, দুর্গন্ধযুক্ত আলকাতরা বর্তমানে প্রায় তিন শতাধিক প্রধান বৃত্তাকার যৌগের উৎপাদক। আবার এইগুলি হইতে বহু সহস্র বৃত্তাকার যৌগ প্রস্তুত করা হইয়াছে যাহার মধ্যে আছে বহু প্রকারের রং (dyes), সুগন্ধি, বিস্ফোরক, ঔষধ, বীজবারক, মিষ্টদ্রব্য প্রভৃতি। আলকাতরা হইতে উৎপন্ন যৌগ ব্যবহার করিয়া চিনি হইতে 500 গুণ মিষ্ট স্যাকারিণ প্রস্তুত করা হইয়াছে।

আলকাতরাতে সূক্ষ্ম কার্বনের কণা ছাড়াও নানাপ্রকার অ্যাসিড, ক্ষার ও প্রশম কঠিন পদার্থ মিশ্রিত থাকে। লৌহনির্মিত বড় বকযন্ত্রে আলকাতরা লইয়া তাহার অন্তর্ধূমপাতন সংঘটিত করা হয়। এই প্রধান বকযন্ত্র হইতে উত্থিত বাষ্পকে অন্য একটি উপরে স্থাপিত বকযন্ত্রের ভিতর স্থাপিত শীতককুণ্ডলীর ভিতর দিয়া চালনা

চিত্র নং—20

করিয়া ঘনীভূত করিয়া সংগ্রহ করা হয়। এই দ্বিতীয় বকযন্ত্রেও আল্‌কাতরা রাখা হয় এবং উহাকে প্রথম ও প্রধান বকযন্ত্র হইতে উত্থিত বাষ্প দ্বারা উত্তপ্ত করা হয়।

এখানেও জলীয়বাষ্প মিশ্রিত বেনজিন উদ্ভূত হয় এবং সেই বাষ্পকেও অন্য একটি শীতককুণ্ডলী দিয়া চালনা করিয়া ঘনীভূত করিয়া একটি পাত্রে তরলরূপে সংগ্রহ করা হয়। এই উত্তপ্ত আলকাতরাকে দ্বিতীয় উপরের বকযন্ত্র (প্রাক উত্তাপক) প্রথম ও প্রধান বকযন্ত্রে লইয়া বায়ুর অনুপস্থিতিতে পাতিত করা হয় এবং বিভিন্ন উষ্ণতায় পাতিত দ্রব্যগুলিকে বিভিন্ন পাত্রে সংগ্রহ করা হয়। এইভাবে মোটামুটি চার রকম তৈল সংগ্রহ করা হয় এবং পাতন শেষে বকযন্ত্রে পড়িয়া থাকে পিচ; ইহা বকযন্ত্রের উত্তাপে তরল অবস্থায় থাকে; কিন্তু শীতল করিলে উহা কঠিন আকারে পাওয়া যায়। বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগৃহীত পাতিত পদার্থগুলি হইল নিম্নলিখিত ছকে দেখান মত—

সংগৃহীত তৈল	উষ্ণতা	আনুমানিক শতকরা পরিমাণ	প্রধান উপাদান
(1) হালকা তৈল বা লাইট অয়েল (Light oil)	170° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	7 হইতে 8%	বেনজিন, টলুইন, জাইলিন ইত্যাদি
(2) মধ্যবর্তী অয়েল, মিডিল অয়েল, বা কার্বলিক অয়েল (Middle oil or Carbolic oil)	170° হইতে 230° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	8 হইতে 10%	ফিনল (phenol), ন্যাপথালিন (Naphthalene)
(3) ভারি তৈল, হেভি অয়েল বা ক্রিয়োজোট অয়েল (Heavy oil or Creosote oil)	230° হইতে 270° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	8 হইতে 10%	ক্রেসল (cresols)
(4) সবুজ তৈল, গ্রীণ অয়েল বা অ্যানথ্রাসিন অয়েল (Green oil or Anthracene oil)	270° হইতে 360° সেন্টিগ্রেড পর্যন্ত	16 হইতে 20%	অ্যানথ্রাসিন (anthracene), কার্বাজোল (carbazole) এবং ফিন্যানথিন (phenanthrene)
(5) অবশিষ্ট পিচের কথা পূর্বেই বলা হইয়াছে		50 হইতে 60%	কার্বন (carbon)

প্রত্যেক তৈলকে লইয়া পুনঃ পুনঃ আংশিক পাতন দ্বারা শোধিত করিয়া বিভিন্ন পদার্থ পৃথকভাবে সংগ্রহ করা হয়। লাইট অয়েল লইয়া উহাকে পুনরায় পাতিত করা হয়। এই পাতনের বিষয় নিম্নে বিশদভাবে আলোচিত হইয়াছে এবং এইভাবে পাতনদ্বারা বেনজিন ও তাহার সমগোত্রীয় (Homologous) হাইড্রোকার্বনগুলিকে পৃথক্‌ভাবে সংগ্রহ করা হয়। কার্বলিক অয়েল হইতে ফিনল পাওয়া যায় এবং উহা বীজাণুনাশক (disinfectant) রূপে ব্যবহৃত হয়। এই তৈল হইতে প্রাপ্ত ন্যাপ্‌থালিন দ্রাবক হিসাবে, রং প্রস্তুতে এবং পোকামাকড় ধ্বংস করিতে ও জীবাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয়।

ক্রিয়োজোট তৈল কাষ্ঠের দ্রব্যাদি সংরক্ষণে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। অ্যানথ্রাসিন হইতে বহু প্রকারের রং ও ঔষধ প্রস্তুত করা হয়। পিচ রাস্তা প্রস্তুতে এবং ফাটা ছাদ মেরামত করিতে ব্যবহৃত হয়। আলকাতরা হইতে উৎপন্ন হাইড্রোকার্বনগুলি বহুপ্রকারের রং, ঔষধ, সুগন্ধি, বিস্ফোরক দ্রব্য উৎপাদনে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

বেনজিন প্রস্তুতি :—আলকাতরা হইতে প্রথম পাতিত দ্রব্য একটি বাদামী রং-এর তরল এবং উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·92। ইহাতে প্রশম দ্রব্যাদি, যথা বেনজিন, টলুইন ইত্যাদি হাইড্রোকার্বন, অ্যাসিড দ্রব্য যথা, ফিনল, ক্ষারকীয় দ্রব্যাদি, যথা অ্যানিলিন, পিরিডিন প্রভৃতি, সামান্য জল এবং থায়োফিন (C_4H_4S) থাকে। এই তৈলকে পুনঃ পাতিত করিয়া 70° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে সংগৃহীত তরল পদার্থকে ত্যাগ করা হয়। অবশিষ্ট পাতিত তরলে শতকরা 65 ভাগ বেনজিন থাকে, তাহাকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ঝাঁকাইয়া ক্ষারকীয় পদার্থগুলি এবং থায়োফিনের বেশীর ভাগ দ্রাবিত করিয়া অপসারিত করা হয়। এই তৈল ও অ্যাসিডের মিশ্রণের নীচে হইতে অ্যাসিডযুক্ত দ্রবণ অপসারিত করা হয়। পরে অবশিষ্ট তৈলকে শতকরা 7 হইতে 10 ভাগ কষ্টিক সোডাযুক্ত দ্রবণ দিয়া ধুইয়া অ্যাসিড বস্তুগুলিকে (যথা, ফিনল এবং বাকী সলফিউরিক অ্যাসিড) দ্রাবিত করিয়া অপসারিত করা হয়। পরে জল দিয়া ধুইয়া ইহাকে প্রশম (neutral) পদার্থে পরিণত করিয়া ষ্টীম দ্বারা উত্তপ্ত আয়রণের পাত্র হইতে আংশিক পাতনের নল যোগ করিয়া পাতিত করা হয় এবং পাতিত তরলকে তিন অংশে সংগ্রহ করা হয়। প্রথম অংশ হইল (i) 90's বেনজল, দ্বিতীয় অংশ হইল (ii) 50's বেনজল এবং তৃতীয় অংশ হইল (iii) দ্রাবক ন্যাপথা; ইহা

ওয়াটারপ্রুফ উৎপাদনে রবার দ্রাবিত করিতে ব্যবহৃত হয়। 90's বেনজলকে পুনঃ পাতিত করিয়া 80° হইতে 82° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় উৎপন্ন তরলকে সংগ্রহ করিলে উহাই সামান্য টলুইন ও থায়োফিনযুক্ত বেনজিন হয়। এই পাতিত তরলকে হিমমিশ্রে শীতল করিলে একমাত্র বেনজিন 5·4° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কঠিনে পরিণত হয় এবং তখন উহাকে সংশ্লিষ্ট তরল হইতে পৃথক করা হয় (by centrifuge)। এই কঠিনকে গলাইয়া পুনঃ পাতিত করিলে **বিশুদ্ধ বেনজিন** পাওয়া যায়; ইহাতে অতি সামান্য থায়োফিন থাকে।

পূর্বে অ্যাসিটিলিনের ধর্মাবলী আলোচনা করিবার সময় (পৃঃ ৩৫২ দেখ) উল্লিখিত হইয়াছে যে উত্তপ্ত নলের ভিতর দিয়া অ্যাসিটিলিনকে পরিচালিত করিলে বেনজিন পাওয়া যায়। $3C_2H_2 \quad = \quad C_6H_6$

ইহা হইতে বুঝা যায় যে অ্যালিফ্যাটিক যৌগ হইতে অ্যারোমেটিক যৌগ উৎপাদন করা যায়।

বেনজিনের ধর্ম :—(i) ভৌতধর্ম :—বেনজিন একটি বর্ণহীন, বিশিষ্ট গন্ধযুক্ত তরল। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 0·87, তাই ইহা জলের অপেক্ষা হাল্‌কা। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 80·4° সেন্টিগ্রেড এবং গলনাঙ্ক 5·4° সেন্টিগ্রেড। ইহা জলে অদ্রাব্য এবং জলের সহিত মেশেও না। কিন্তু ইহা অ্যালকোহল, ইথার এবং পেট্রলে দ্রাব্য। ইহার নিজের দ্রাবকগুণ আছে এবং ইহা চর্বি, রেসিন, গন্ধক, ফসফোরাস এবং আয়োডিনকে দ্রবীভূত করে।

(ii) **বেনজিনের সংযুতি-সংকেত ও রাসায়নিক ধর্ম :—**বেনজিনের আণবিক-সংকেত (C_6H_6) হইতে বুঝা যায় যে বেনজিন অপরিপৃক্ত-হাইড্রোকার্বন, কিন্তু ইহা বিশেষভাবে সুস্থিত যৌগ। ইহা ব্রোমিনের দ্রবণের অথবা পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের দ্রবণের রংকে নষ্ট করে না (অপরিপৃক্ততার অভীক্ষণ এই দুইটি বিকারকের রং বিবর্ণ হওয়া দ্বারা নিষ্পন্ন করা হইয়া থাকে)। বেনজিনের অণুতে অবস্থিত ছয়টি কার্বন পরমাণু পরস্পরের সহিত বৃত্তাকারে যুক্ত হইয়া একটি আংটির আকারের বৃত্ত (ring) সৃষ্টি করিয়াছে। তাই একটি ষড়্‌ভুজের (hexagon) ছয়টি বাহুর সংযোগ-স্থলগুলিতে ছয়টি কার্বন বিদ্যমান। প্রত্যেক কার্বন পরমাণু একটি করিয়া হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত। জার্মান বৈজ্ঞানিক কেকুলে (Kekule)

বেনজিনের এই সংযুতি-সংকেত প্রথম প্রবর্তিত করেন। এই সংযুতি-সংকেতে তিনটি দ্বিবন্ধ (double bond) এবং তিনটি সাধারণ যোজক বিদ্যমান।

এই সংযুতি-সংকেতে দেখা যাইবে যে প্রত্যেক কার্বন পরমাণুর যোজ্যতা 4 ; ইহা হইতে আরও বুঝা যাইবে যে বেনজিন একটি অপরিপৃক্ত যৌগ। ইহা যে বিশেষ সুস্থিত যৌগ তাহা পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। ইহাতে কার্বনের সংলগ্ন হাইড্রোজেন পরমাণুগুলি বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া বিভিন্নপ্রকার যৌগিক পদার্থ প্রস্তুত করা সম্ভব। যেমন ঃ

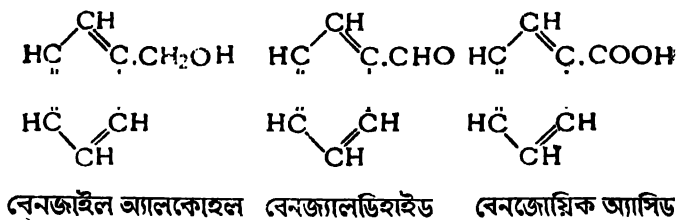
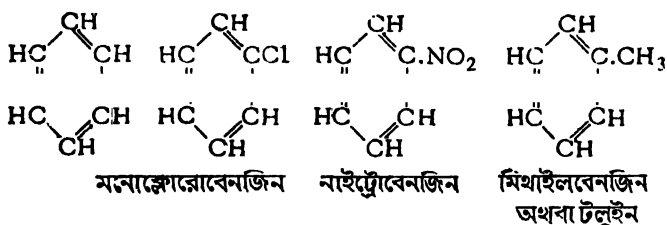
```
    CH              CH              CH                 CH
HC     CH       HC     CCl      HC     C.NO2       HC     C.CH3

HC     CH       HC     CH       HC     CH          HC     CH
    CH              CH              CH                 CH
```

মনোক্লোরোবেনজিন নাইট্রোবেনজিন মিথাইলবেনজিন অথবা টলুইন

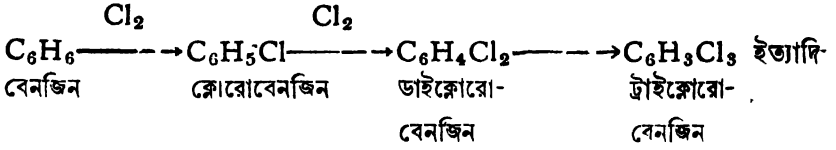
```
    CH                  CH                CH
HC     C.CH2OH      HC     C.CHO      HC     C.COOH

HC     CH           HC     CH         HC     CH
    CH                  CH                CH
```

বেনজাইল অ্যালকোহল বেনজ্যালডিহাইড বেনজোয়িক অ্যাসিড

নিম্নে বেনজিনের রাসায়নিক-ধর্মের আলোচনায় বেনজিনকে C_6H_6 এই সংকেত দ্বারাই দেখান হইয়াছে এবং প্রত্যেক স্থলেই বুঝিতে হইবে যে বেনজিনের ষড়্ভুজ বিক্রিয়া করিতেছে।

(iii) লৌহ বা আয়োডিন অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেনজিন ক্লোরিণ ও ব্রোমিনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে এবং বিক্রিয়ার ফলে বেনজিনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হয়। ক্রমশঃ বেনজিনের অণুতে বর্তমান ছয়টি হাইড্রোজেন পরমাণুই একে একে প্রতিস্থাপিত হইয়া থাকে, এবং বিক্রিয়াটি আয়ত্তে রাখিয়া যে কোন প্রতিস্থাপিত যৌগ পাওয়া যাইতে পারে।

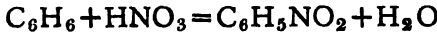
$$C_6H_6 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5Cl \xrightarrow{Cl_2} C_6H_4Cl_2 \longrightarrow C_6H_3Cl_3$$ ইত্যাদি

বেনজিন ক্লোরোবেনজিন ডাইক্লোরো-বেনজিন ট্রাইক্লোরো-বেনজিন

উচ্চ-উষ্ণতায় এবং জারক-পদার্থের যথা, নাইট্রিক-অ্যাসিড, আয়োডিক-অ্যাসিড, ফেরিক-ক্লোরাইড, ইত্যাদির উপস্থিতিতে বেনজিন আয়োডিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া আয়োডোবেনজিন, C_6H_5I উৎপন্ন করে। জারক পদার্থগুলি উৎপন্ন হাইড্রিয়ডিক-অ্যাসিডকে বিয়োজিত করিয়া দেয়। $C_6H_6+I_2=C_6H_5I+HI$.

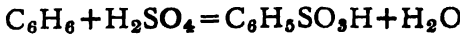
(iv) সূর্যালোকে ক্লোরিণ ও ব্রোমিন বেনজিনের সহিত যুতযৌগ গঠন করে; 50°—60° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বেনজিন হেক্সাক্লোরাইড এবং বেনজিন হেক্সাব্রোমাইড উৎপন্ন হয়। ইহারা দুঃস্থিত যৌগ; এমনি উত্তপ্ত করিলে অথবা কষ্টিক-পটাসের অ্যালকোহলে দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে ইহারা বিয়োজিত হয়।

$$C_6H_6Cl_6+3KOH=C_6H_3Cl_3+3KCl+3H_2O$$

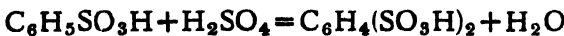
(v) গাঢ় সলফিউরিক-অ্যাসিডের উপস্থিতিতে বেনজিন গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোবেনজিনে পরিণত হয়।

$$C_6H_6+HNO_3=C_6H_5NO_2+H_2O$$

নাইট্রোবেনজিন

(vi) গাঢ় সলফিউরিক-অ্যাসিডের সহিত উত্তপ্ত করিলে বেনজিন হইতে বেনজিন সলফোনিক-অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_6+H_2SO_4=C_6H_5SO_3H+H_2O$$

বেনজিনসলফোনিক-অ্যাসিড

ধূমায়মান সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় বেনজিন হইতে বেনজিন ডাই-সলফোনিক-অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5SO_3H+H_2SO_4=C_6H_4(SO_3H)_2+H_2O$$

বেনজিন ডাইসলফোনিক অ্যাসিড

(vii) ওজোনের সহিত বেনজিন ধীরে ধীরে বিক্রিয়া করিয়া বেনজিনট্রাই-ওজোনাইড গঠিত করে (পৃঃ ৩৬৫ তে ইথিলিনের সহিত ওজোনের বিক্রিয়া দেখ)।

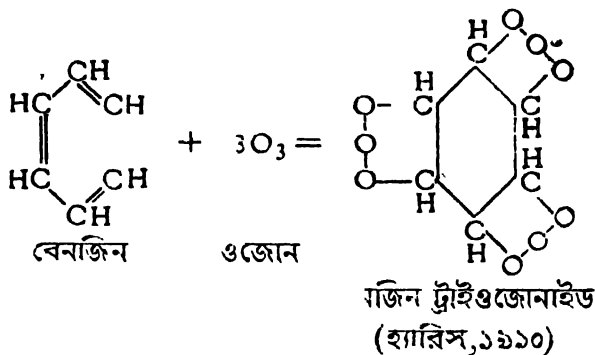
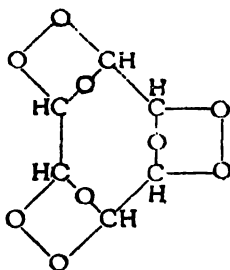
এই ট্রাইওজোনাইডের সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটিয়া গ্লাইঅক্সেল এবং হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড উৎপন্ন হয়। $C_6H_6+3O_3=C_6H_6O_9$

ওজোন বেনজিন ট্রাই-
ওজোনাইড

বেনজিন + ওজোন = বেনজিন ট্রাইওজোনাইড
(হ্যারিস, ১৯১০)

অথবা

(আধুনিক মতানুসারে)

$$C_6H_6O_9+3H_2O=3H_2O_2+3OHC=CHO$$

গ্লাইঅক্সেল

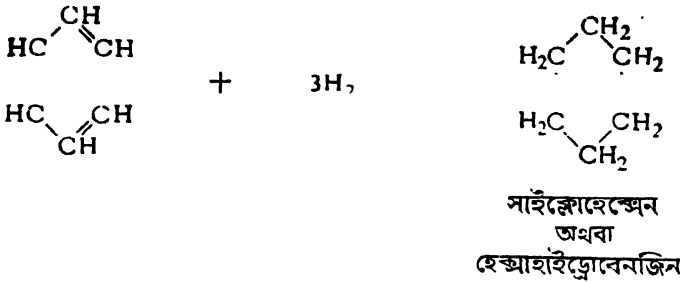
এই বিক্রিয়া হইতে বুঝা যায় যে বেনজিন অপরিপৃক্ত হাইড্রোকার্বন। এই বিক্রিয়ায় বেনজিন একেবারে ভাঙ্গিয়া গিয়া মুক্ত-শৃঙ্খল যৌগে পরিণত হয়।

(viii) বেনজিনের সহিত হাইড্রোজেন মিশাইয়া মিশ্রণকে সূক্ষ্ম নিকেলের গুঁড়ার উপর দিয়া 200° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় চালিত করিলে হেক্সাহাইড্রোবেনজিন অথবা সাইক্লোহেক্সেন, C_6H_{12}, উৎপন্ন হয়।

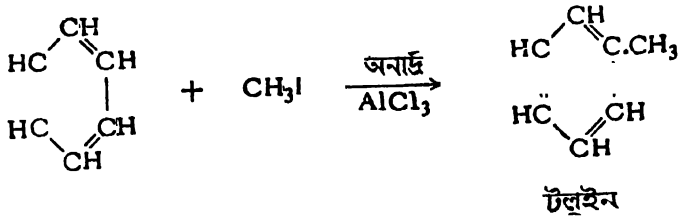
$$C_6H_6+3H_2=C_6H_{12}$$

সংযুতি সংকেত অনুসারে, দ্বিবন্ধগুলি খুলিয়া গিয়া সাধারণ যোজ্যতায় পরিণত হয়

```
     CH                          CH2
 HC ⁄  ⫽ CH                 H2C ⁄   \ CH2
                  +   3H2
 HC \  ⫽ CH                 H2C \   ⁄ CH2
     CH                          CH2
```

সাইক্লোহেক্সেন
অথবা
হেক্সাহাইড্রোবেনজিন

(ix) অনার্দ্র অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড অনুঘটকের উপস্থিতিতে বেনজিনের মিথাইল ক্লোরাইডের অথবা যে কোন অ্যালকাইল ক্লোরাইড অথবা ব্রোমাইডের সহিত বিক্রিয়া সংঘটিত হয় এবং তাহার ফলে বেনজিনের হাইড্রোজেন অ্যালকাইল মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

```
     CH                                          CH
 HC ⁄  ⫽ CH                                  HC ⁄  ⫽ C.CH3
         |      +   CH3I   ──অনার্দ্র──→
 HC \  ⫽ CH                 AlCl3            HC \  ⫽ CH
     CH                                          CH
```

টলুইন

এই প্রক্রিয়াকে **ফ্রিডেল ক্রাফ্‌টস্‌ বিক্রিয়া** (Friedel Crafts reaction) বলে। এই বিক্রিয়া দ্বারা বেনজিনের সমগোত্রীয় (homologous) হাইড্রোকার্বন প্রস্তুত করা হয়।

বেনজিনের ব্যবহার : বেনজিন একটি মূল্যবান জৈব দ্রাবক; ইহা তৈল ও চর্বি, রবার, রেসিন ইত্যাদির দ্রাবক হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ইহা শুষ্ক জামা-কাপড় জলের অনুপস্থিতিতে পরিষ্কার করার জন্য ব্যবহৃত হয়। পেট্রোলের সঙ্গে মিশাইয়া ইহা মটরের জ্বালানিরূপে ব্যবহৃত হয়। বেনজিন হইতে নাইট্রো-বেনজিন এবং তথা হইতে নানাবিধ ঔষধ ও রং, ফিনল এবং ফিনল হইতে নাইলন (Nylon) এবং প্লাষ্টিক উৎপাদন করা হয়। ক্লোরোবেনজিন বেনজিন হইতে

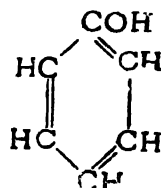
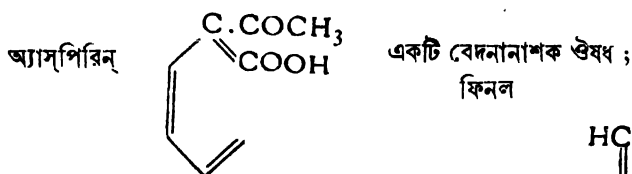
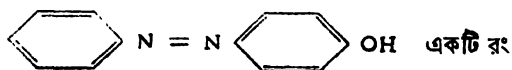
পাওয়া যায় এবং উহা D. D. T. ও ফিনল প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয়। বেনজিন হইতে উৎপন্ন প্যারাহাইড্রক্সি এজো বেনজিন ,

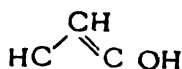
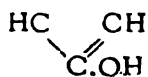
$C_6H_5-N=N-C_6H_4-OH$ একটি রং

অ্যাণ্টিফেবরিন্ $C_6H_5NHCOCH_3$ একটি জ্বরনাশক ঔষধ ;

অ্যাস্পিরিন্ C.COCH₃ / COOH একটি বেদনানাশক ঔষধ ;

ফিনল

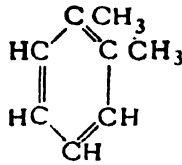
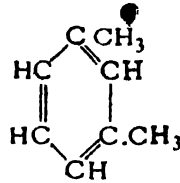
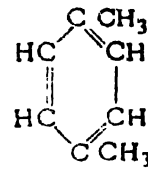
COH
HC CH
HC CH
CH

রেসরসিনল (Resorcinol) রং প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়

CH
HC C OH
HC CH
C.OH

নিম্নে সাধারণভাবে প্রয়োজনীয় বেনজিন হইতে উদ্ভূত কয়েকটি সরল যৌগের আলোচনা প্রদত্ত হইল ।

(i) **টলুইন** (Toluene), $C_6H_5CH_3$; এই হাইড্রোকার্বনটি বেনজিনের সমগোত্রীয় যৌগ (Homologous compound)। ইহা প্রস্তুত করিতে হইলে অনার্দ্র-অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইডের উপস্থিতিতে ইথার ঘটিত দ্রবণে বেনজিন ও মিথাইল ক্লোরাইড মিশাইতে হয়। তাহা হইলেই টলুইন উৎপন্ন হয়। ইহা বর্ণহীন তরল পদার্থ এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 110° সেণ্টিগ্রেড। ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 0'8691 ; ইহা জলের সহিত মোটেই মেশে না। বেনজিন হইতে ইহার পার্থক্য হইল এই যে ইহাকে জারিত করিলে CH_3 মূলকটি জারিত হইয়া অ্যাসিড

মূলকে ($-COOH$) পরিণত হয় এবং বেনজোয়িক-অ্যাসিড, C_6H_5COOH উৎপন্ন হয়।

(ii) **জাইলিন** (Xylene), $C_6H_4(CH_3)_2$; জাইলিন হইল ডাই-মিথাইল বেনজিন ; ইহা ইথাইল বেনজিনের সহিত সমযোগী (Isomeric)। তিনপ্রকার জাইলিন লাইট অয়েল হইতে পাওয়া যায়। যথা—

```
     C CH3                 C CH3                 C CH3
HC     C CH3          HC      CH            HC      CH
||     |              ||      |             ||      |
HC     CH             HC      C.CH3         HC      CH
   CH                    CH                    C CH3
```

অর্থোজাইলিন স্ফুটনাঙ্ক 142° সেণ্টিগ্রেড

মেটাজাইলিন স্ফুটনাঙ্ক 139° সেণ্টিগ্রেড

প্যারাজাইলিন স্ফুটনাঙ্ক 137° সেণ্টিগ্রেড

তাহা হইলে C_8H_{10} এই সংকেত দ্বারা চারিটি বৃত্তাকার হাইড্রোকার্বনকে বুঝায়, তিনটি হইল তিন প্রকারের জাইলিন এবং অন্যটি ইথাইল বেনজিন। লাইট অয়েলের আংশিক-পাতন দ্বারা তিনটি জাইলিনকে একত্রে পাতিত তরলরূপে পাওয়া যায়। গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিডের সহিত শীতল অবস্থায় বিক্রিয়া করাইলে অর্থো-এবং মেটা-জাইলিন তাহাদের সলফোনিক অ্যাসিডে পরিণত হয়, কিন্তু প্যারাজাইলিনের কোন পরিবর্তন হয় না এবং মিশ্রণ হইতে উহাকে সহজেই অপসারিত করিয়া পৃথকভাবে সংগ্রহ করা যায়। জাইলিন সলফোনিক অ্যাসিডকে সোডিয়াম লবণে পরিণত করিয়া কেলাসিত করিলে প্রথমতঃ কেলাসরূপে পাওয়া যায় অর্থো-যৌগকে। সেই কেলাসগুলি সংগ্রহ করিয়া পরে দ্রবণকে কেলাসিত করিলে পাওয়া যায় মেটা-যৌগ। সোডিয়াম লবণ দুইটিতে পৃথকভাবে অ্যাসিড যোগ করিয়া পরে আর্দ্র-বিশ্লেষিত করিলে অর্থো- এবং মেটা-জাইলিন পৃথকভাবে পাওয়া যায়। ইহাদের স্ফুটনাঙ্ক পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে। ইহারা বর্ণহীন দাহ্য তরল ; জলের সহিত ইহারা মোটেই মিশ্রিত হয় না এবং ইহারা ষ্টীমের সহিত উদ্বায়ী।

এখানে একটি বিষয় লক্ষ্য করিতে হইবে। বেনজিন ষড়ভূজে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু যদি দুইটি অন্য মৌল বা মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, তবে সেইভাবে উৎপন্ন যৌগের তিনটি প্রকারভেদ দেখা যায়। তাহাদের অর্থো (ortho),

মেটা (meta) এবং প্যারা (para) যৌগ (সাধারণতঃ o–, m– এবং p– বলিয়া উল্লেখ করা হয়) বলে। একমাত্র ষড়্‌ভুজ দ্বারা বেনজিনের সংযুতি-সংকেত প্রকাশ করিলে বেনজিনের ট্রাইওজোনাইড গঠন এবং এই তিনপ্রকার যৌগের উৎপত্তির বিষয় ব্যাখ্যা করা যায়।

টলুইন বা জাইলিন বেনজিনের এই দুইটি সমগোত্রীয় (homologous) হাইড্রো-কার্বনের ধর্মে বেনজিন হইতে এই পার্থক্য দেখা যায় যে তীব্র জারক পদার্থের দ্বারা উহারা জারিত হইবার সময় বেনজিন ষড়্‌ভুজের সহিত সংযুক্ত মূলক আক্রান্ত হয় এবং উহারা –COOH মূলকে পরিণত হয়; বেনজিনের সেইরূপ কোন পরিবর্তন হয় না।

(ii) **নাইট্রো-বেনজিন** (Nitro-benzene), $C_6H_5NO_2$

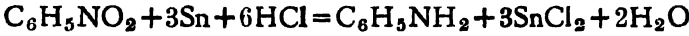
বেনজিনকে গাঢ় সলফিউরিক অ্যাসিড ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের (আঃ গুঃ 1·4) সমআয়তনিক মিশ্রণ শীতল করিয়া তাহাতে ধীরে ধীরে যোগ করা হয়। মিশ্রণকে ঝাঁকাইয়া প্রয়োজন মত শীতল করিয়া উষ্ণতা 50° সেন্টিগ্রেডে রাখা হয়। পরে মিশ্রণটিকে জলগাহের উপর রাখিয়া 70° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় 15 মিনিট ধরিয়া উত্তপ্ত করা হয়। পরে উহাকে শীতল করিয়া অধিক জলে ঢালিয়া দেওয়া হয়। হলুদ রংএর ভারী তৈলের মত জলে অদ্রাব্য নাইট্রোবেনজিন জলের নীচে জমা হয়। বিন্দুপাতন ফানেলে ঢালিয়া তৈল-সদৃশ পদার্থকে জল দিয়া ধুইয়া পরে সোডিয়াম কার্বনেটের পাতলা দ্রবণ দিয়া ধৌত করা হয়। পরে পুনরায় জল দিয়া ধুইয়া একটি পাত্রে লইয়া গলিত ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড যোগ করিয়া রাখিয়া দেওয়া হয়। পরে একটি বায়ু-শীতক (air-condenser) জুড়িয়া পাতন ফ্লাস্ক হইতে পাতিত করিলে যে তরল 207° হইতে 211° সেন্টিগ্রেডে পাতিত হইয়া আসে তাহাই বিশুদ্ধ নাইট্রোবেনজিন।

নাইট্রোবেনজিন ঈষৎ হলুদ রংএর তৈলের মত তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 209° সেন্টিগ্রেড এবং ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 1·204; ইহা একটি উত্তম দ্রাবক।

ব্যবহার:—ইহা সাধারণতঃ অ্যানিলিন প্রস্তুত করিতে ব্যবহৃত হয় এবং সস্তার-সাবানে ও বুটপালিশে গন্ধদ্রব্য হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(4) **অ্যানিলিন** (Aniline), $C_6H_5NH_2$ নাইট্রোবেনজিনকে একটি ফ্লাস্কে লইয়া উহাতে টিন এবং একটু একটু করিয়া গাঢ় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

যোগ করা হয়। তাহাতে ফ্লাস্কের উষ্ণতা বৃদ্ধি পায়, কিন্তু উহাকে ঠাণ্ডা জলে ডুবাইয়া উষ্ণতা 90° সেন্টিগ্রেডের ভিতর রাখা হয়। পরে ফ্লাস্কটিকে দ্রব্যাদি সমেত জলগাহে ফুটন্ত জলে ডুবাইয়া বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ করা হয়। উদ্ভূত জায়মান হাইড্রোজেন দ্বারা নাইট্রোবেনজিন বিজারিত হইয়া অ্যানিলিনে পরিণত হয়।

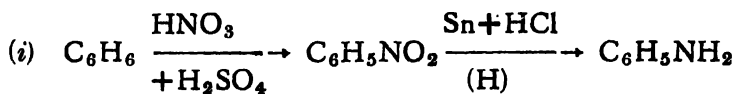
$$C_6H_5NO_2+3Sn+6HCl=C_6H_5NH_2+3SnCl_2+2H_2O$$

বিক্রিয়া শেষ হইলে মিশ্রণে ধীরে ধীরে কষ্টিক সোডার দ্রবণ অধিক পরিমাণে যোগ করা হয়। তাহাতে অ্যানিলিন মুক্ত হইয়া বাদামী রংএর তৈলের আকারে মিশ্রণের উপর ভাসিতে থাকে। উহাকে ষ্টীমের সহিত পাতিত করিয়া পৃথক্ করা হয় (ষ্টীম দিয়া পাতিত করিবার প্রণালী এই পুস্তকের পৃঃ ৩০৪ তে বর্ণিত হইয়াছে)। পাতিত তরলে সাধারণ লবণের গুঁড়া যোগ করিয়া ঝাঁকাইয়া ইথারের দ্বারা অ্যানিলিনকে দ্রাবিত করিয়া জল হইতে পৃথক্ করা হয়। ইথারে অ্যানিলিনের দ্রবণকে কষ্টিক পটাশের গুঁড়ার সাহায্যে অনার্দ্র করিয়া পাতনক্রিয়া দ্বারা ইথার তাড়াইলে অ্যানিলিন পাওয়া যায় এবং পুনঃ পাতন দ্বারা ইহাকে বিশুদ্ধ করা হয়।

সদ্যোৎপন্ন অ্যানিলিন বর্ণহীন তৈলের মত তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 183° সেন্টিগ্রেড। ইহার একটি বিশিষ্ট গন্ধ আছে। ইহা জলের অপেক্ষা সামান্য ভারী, ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব হইল 1·024। ইহা জলে সামান্যই দ্রাবিত হয়। অ্যাল্‌কোহল, ইথার বা বেনজিনে ইহা সহজেই দ্রাবিত হয়। ইহা একটি দুর্বল ক্ষারক এবং অ্যাসিডের সহিত ইহা লবণ দিয়া থাকে।

ব্যবহার:—নানাপ্রকার রং, সাংশ্লেষিক পদ্ধতিতে নীল, নানাপ্রকার ঔষধ (যেমন ঘুম-রোগের জন্য অ্যাটক্সিল, জ্বরের জন্য অ্যান্টিফেব্রিণ ইত্যাদি) প্রস্তুতে অ্যানিলিন ব্যবহৃত হয়। রবারে দ্রুততার সহিত সলফার যোগ করিবার জন্য অ্যানিলিন (accelerator) ব্যবহৃত হয়।

(5) **ফিনল** (Phenol), C_6H_5OH; ইহাকে কার্বলিক অ্যাসিড (Carbolic acid) নামেও অভিহিত করা হয়। আল্‌কাতরার অন্তর্ধূম পাতনে উৎপন্ন মিডিল অয়েল (Middle oil) হইতে ইহাকে পাওয়া যায়। বাজারে যে কার্বলিক অ্যাসিড পাওয়া যায় তাহার বেশীর ভাগই আলকাতরা হইতে উৎপন্ন হয়। মিডিল অয়েলে পাতলা কষ্টিক-সোডার দ্রবণ যোগ করিলে ফিনল জাতীয় দ্রব্যগুলি (যথা ফিনল ও ক্রেসলসমূহ) দ্রাবিত হইয়া আসে। এই দ্রবণকে তৈলাক্ত পদার্থ হইতে সহজেই পৃথক করিয়া লওয়া যায়; কারণ ইহা তৈলাক্ত পদার্থের সহিত মোটেই মেশে না। পরে এই কষ্টিক

সোডাঘটিত দ্রবণে সলফিউরিক অ্যাসিড যোগ করিয়া আংশিক পাতন-ক্রিয়া (fractional distillation) নিষ্পন্ন করিলে ফিনলগুলিকে পাওয়া যায়।

নিম্নলিখিত উপায়ে বেনজিন হইতে ফিনল পাওয়া যায় :—

(*i*) $$C_6H_6 \xrightarrow[+H_2SO_4]{HNO_3} C_6H_5NO_2 \xrightarrow[(H)]{Sn+HCl} C_6H_5NH_2$$

$$\xrightarrow{HNO_2} C_6H_5N_2Cl \xrightarrow{H_2O} C_6H_5OH$$

0° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বেনজিন ডায়াজোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে ফিনল

(*ii*) $$C_6H_6 \xrightarrow{\text{গাঢ় } H_2SO_4} C_6H_5SO_3H \xrightarrow{KOH} C_6H_5SO_3K$$

উত্তপ্ত করিলে বেনজিনসলফোনিক অ্যাসিড যোগ করিয়া শুষ্ক করিলে কঠিন পটাসিয়াম বেনজিনসলফোনেট

$$\xrightarrow{\text{কঠিন } KOH} C_6H_5OK \xrightarrow{HCl} C_6H_5OH$$

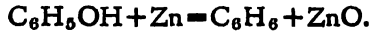
উত্তাপ দিলে (350° সেন্টিগ্রেড) পটাসিয়াম ফেনেট ফিনল

বিশুদ্ধ অবস্থায় ফিনল বর্ণহীন কেলাসিত কঠিন পদার্থ। কিন্তু বায়ু ও আলোকের সংস্পর্শে ইহা ধীরে ধীরে জারিত হইয়া গোলাপীবর্ণ হইয়া যায়। ইহার গলনাঙ্ক 42° সেন্টিগ্রেড এবং তরলের স্ফুটনাঙ্ক 181° সেন্টিগ্রেড। ফিনলের একটি উগ্র বিশিষ্ট গন্ধ আছে এবং এই গন্ধ দ্বারাই ইহাকে সনাক্ত করা যায়। ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য, কিন্তু 97° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার উপর ইহা জলের সহিত সম্পূর্ণভাবে মিশিয়া যায়। ফিনল বিষাক্ত পদার্থ।

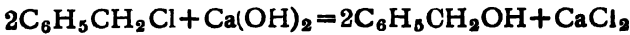
ব্যবহার :—ফিনল বীজবারক ও বীজাণুনাশকরূপে ব্যবহৃত হয় এবং সেই উদ্দেশ্যে ইহা সাবানে বা লোসন (lotion) রূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহার শতকরা 3 ভাগযুক্ত দ্রবণ যা ধুইতে ব্যবহৃত হয়। ব্যাকেলাইট নামক প্লাষ্টিক, পিকরিক অ্যাসিড নামক বিস্ফোরক ও পোড়ার ঔষধ, স্যালিসাইলিক অ্যাসিড, ফিনলথ্যালিন নামক সূচক প্রস্তুত করিতে ফিনল ব্যবহৃত হয়। ফিনল আজকাল বেশী পরিমাণে প্লাষ্টিকশিল্পে ব্যবহৃত হয়। ফিনল হইতে আয়রণের গুঁড়ার

উপস্থিতিতে ক্লোরিণ যোগ করিয়া পেন্টাক্লোরোফিনল, $C_6(OH)Cl_5$ প্রস্তুত করা হয় এবং উহা কাষ্ঠ সংরক্ষণে এবং ছত্রাকধ্বংসে ব্যবহৃত হয়।

দ্রষ্টব্য :—ফিনল হইতে বেনজিন পাইতে হইলে উহাকে জিঙ্কের গুঁড়ার সহিত মিশাইয়া পাতিত করিতে হয়।

$$C_6H_5OH + Zn = C_6H_6 + ZnO.$$

(6) **বেনজাইল অ্যালকোহল** (Benzyl alcohol), $C_6H_5CH_2OH$

ইহা টলুইনের পার্শ্বশৃঙ্খলে অবস্থিত মিথাইল পুঞ্জের একটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে একটি হাইড্রক্সিলমূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়া পাওয়া যায়। ইহা টলুইন হইতে প্রস্তুত করা যায়। ফুটন্ত টলুইনের ভিতর শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাস পরিমাণমত চালনা করিলে বেনজাইল ক্লোরাইড (Benzyl chloride, $C_6H_5CH_2Cl$) পাওয়া যায়। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 179° সেন্টিগ্রেড এবং এই পদার্থটির উৎপাদনে আপেক্ষিক গুরুত্ব দেখিয়া বা টলুইনের হিসাবমত ওজন বৃদ্ধি হইতে প্রায় বিশুদ্ধরূপে উৎপাদন করা যায়। আংশিক-পাতন দ্বারা বেনজাইল ক্লোরাইডের বিশুদ্ধতা সম্পাদন করিয়া সংগ্রহ করা হয় এবং উহা মৃদুক্ষারের সহিত (যথা, মিল্ক অফ লাইম, $Ca(OH)_2$ অথবা সোডিয়াম কার্বনেটের দ্রবণ) ফুটাইয়া বেনজাইল অ্যালকোহল উৎপাদন করা হয়।

$$2C_6H_5CH_2Cl + Ca(OH)_2 = 2C_6H_5CH_2OH + CaCl_2$$

তবে ইহা বেনজ্যালডিহাইড হইতে কষ্টিক সোডা মিশাইয়া ফুটাইয়া পাতন ক্রিয়া দ্বারা উৎপাদন করা হয়। বেনজাইল অ্যালকোহল একটি বর্ণহীন, সুগন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 206° সেন্টিগ্রেড এবং ইহার ঘনত্ব 1·05। জলে ইহা খুব কমই দ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহল অথবা ইথারের সহিত সহজেই মিশ্রিত হয়।

ব্যবহার :—ইহার চেতনানাশক গুণ আছে। ইহা ঔষধে, মলম প্রস্তুতে, ইহার বেনজোয়েট সুরভিরূপে (perfume) এবং কৃত্রিম রেসিন উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(7) **বেনজ্যালডিহাইড** (Benzaldehyde), C_6H_5CHO

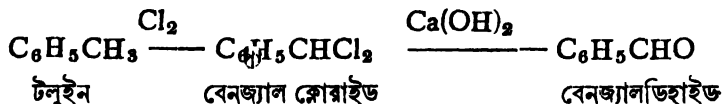
বেনজাইল অ্যালকোহলকে পাতলা নাইট্রিক অ্যাসিড যোগ করিয়া জারিত করিলে বেনজ্যালডিহাইড উৎপন্ন হয়।

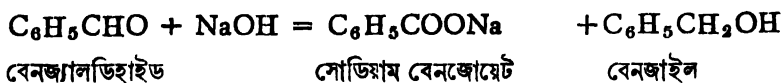
$$C_6H_5CH_2OH + O = C_6H_5CHO + H_2O$$

কিন্তু বেনজ্যালডিহাইডের পণ্য-উৎপাদন টলুইন হইতে হইয়া থাকে। ফুটন্ত টলুইনের ভিতর দিয়া অধিক পরিমাণে শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করিয়া বেনজ্যাল

ক্লোরাইড (Benzal chloride, $C_6H_5CHCl_2$) উৎপাদন করা হয় এবং উহাকে অধিক চাপে কলিচুন দিয়া ফুটাইয়া বেনজ্যালডিহাইডে পরিণত করা হয়। এখানেও টলুইনের ওজনের বৃদ্ধি দ্বারা বেনজ্যাল ক্লোরাইডের গঠিত হওয়া বুঝা যায়।

$$C_6H_5CH_3 \xrightarrow{Cl_2} C_6H_5CHCl_2 \xrightarrow{Ca(OH)_2} C_6H_5CHO$$

টলুইন বেনজ্যাল ক্লোরাইড বেনজ্যালডিহাইড

বেনজ্যালডিহাইড একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ। ইহার স্ফুটনাঙ্ক 179° সেন্টিগ্রেড। ইহা জলে সামান্য দ্রাব্য, কিন্তু অ্যালকোহল ও ইথারে ইহা বিশেষ দ্রবণীয়। ইহার গন্ধ কাঠবাদামের ভিতরের গন্ধের মত। ইহা ষ্টিমের সহিত উদ্বায়ী। বেনজ্যালডিহাইডকে কষ্টিক সোডার বা কষ্টিক পটাসের দ্রবণের সহিত ফুটাইলে উহা সোডিয়াম বা পটাসিয়াম বেনজোয়েট ও বেনজাইল অ্যালকোহলে পরিণত হয়।

$$C_6H_5CHO + NaOH = C_6H_5COONa + C_6H_5CH_2OH$$

বেনজ্যালডিহাইড সোডিয়াম বেনজোয়েট বেনজাইল অ্যালকোহল।

বেনজাইল অ্যালকোহলকে ইথারের সাহায্যে সোডিয়াম বেনজোয়েটের দ্রবণ হইতে পৃথক করা যায় এবং পরে ইথার জলগাহ হইতে পাতিত করিয়া অপসারিত করিলে বেনজাইল অ্যালকোহল পাওয়া যায়। বর্তমানে এই উপায়েই বেনজাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করা হয়। বেনজ্যালডিহাইডের সহিত কষ্টিক ক্ষারের এই প্রকার বিক্রিয়াকে "ক্যান্নিজারো বিক্রিয়া" (Cannizzaro reaction) বলে।

ব্যবহার :—ইহা খাদ্যদ্রব্যকে সুগন্ধি করিতে (as flavouring agent), এবং নানাপ্রকার রং উৎপাদনে (যথা, ম্যালাকাইট গ্রীণ, বেনজোফ্ল্যাভিন, অ্যাক্রিডিন অরেঞ্জ আর, ইত্যাদি) ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

(8) **বেনজোয়িক অ্যাসিড** (Benzoic acid), C_6H_5COOH

এই অ্যাসিড প্রাকৃতিক রেসিনে, যথা গাম বেনজোয়িন, পেরুবালসাম (Perubalsam) ইত্যাদিতে পাওয়া যায়। সেই সমস্ত প্রাকৃতিক পদার্থে ইহা বেনজোয়িক এস্টার, $C_6H_5COOCH_2C_6H_5$ রূপে বিদ্যমান থাকে, এবং উহাদের উত্তপ্ত করিলেই বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎক্ষেপরূপে (sublimate) জমা হয়।

ইহার পণ্য উৎপাদন টলুইন হইতে নিষ্পন্ন করা হয়। ফুটন্ত টলুইনে অত্যধিক পরিমাণে শুষ্ক ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করিয়া বেনজোট্রাইক্লোরাইড (benzotrichloride, $C_6H_5CCl_3$, স্ফুটনাঙ্ক 213° সেন্টিগ্রেড) উৎপাদন করা হয়। উহাকে 50° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় লোহাচুরের উপস্থিতিতে চুনগোলার সহিত উত্তপ্ত করিলে উহা আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া বেনজোয়িক অ্যাসিডে এবং তথা লাইমের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ক্যালসিয়াম বেনজোয়েটে পরিণত হয়। পরে উহাতে অধিক পরিমাণে পাতলা খনিজ অ্যাসিড যোগ করিলে বেনজোয়িক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। এই বেনজোয়িক অ্যাসিড শীতল জলে অদ্রাব্য, কিন্তু গরম জলে বেশ দ্রাব্য। তাই জল দিয়া ফুটাইয়া ছাঁকিয়া লইয়া দ্রবণকে ঠাণ্ডা করিলে বেনজোয়িক অ্যাসিডের সাদা চক্‌চকে কেলাস পাওয়া যায়।

বেনজোয়িক অ্যাসিড সাদা চক্‌চকে কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক 121° সেন্টিগ্রেড এবং 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হয় এবং ষ্টীমের সহিত ইহা উদ্বায়ী। ইহা ঠাণ্ডা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু গরম জলে, অ্যাল্‌কোহলে এবং ইথারে দ্রাব্য। ইহার বাষ্প নাকে মুখে লাগিলে জ্বালার সৃষ্টি করে এবং তাহাতে হাঁচি ও কাসি হইয়া থাকে। ইহার দ্রবণে ফেরিক ক্লোরাইড যোগ করিলে বাদামী রংএর ফেরিক বেনজোয়েট অধঃক্ষিপ্ত হয়।

ব্যবহার ঃ—বেনজোয়িক অ্যাসিড ঔষধে দেহ হইতে ইউরিক অ্যাসিড বাহির করিয়া দিতে ব্যবহৃত হয়। ইহার সোডিয়াম লবণ খাদ্য সংরক্ষণে এবং বাত ও ইনফ্লুয়েঞ্জার ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। কোন কোন রং এবং সুগন্ধি দ্রব্য প্রস্তুতে এসটার রূপে ইহার ব্যবহার হইয়া থাকে।

(9) **স্যালিসাইলিক অ্যাসিড** (Salicylic acid) $C_6H_4(OH)COOH$

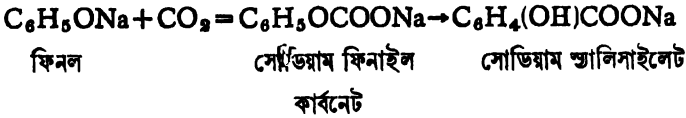
ইহা একটি ফিনলঘটিত অ্যাসিড। ইহার নাম হইল অর্থোহাইড্রক্সি বেনজোয়িক অ্যাসিড। ইহা "উইন্‌টারগ্রীণের তৈল" (oil of wintergreen) নামক পদার্থে মিথাইল এস্‌টাররূপে বর্তমান।

ইহার পণ্য উৎপাদন কোল্‌বির (Kolbe) পদ্ধতি দ্বারা নিষ্পন্ন করা হয়। এই কোল্‌বির পদ্ধতি স্মিড (Schmidt) কর্তৃক সংশোধিত হওয়ার ফলে সহজেই এই বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হয়।

ফিনলে কষ্টিক সোডার দ্রবণ যোগ করিয়া দ্রবণে সোডিয়াম ফেনেট উৎপাদন করা হয়। উত্তাপ প্রয়োগে জল বাষ্পীভূত করিয়া তাড়াইলে কঠিন সোডিয়াম

ফেনেট উৎপন্ন হয়। তাহাকে সম্পূর্ণরূপে শুষ্ক করিয়া একটি আবদ্ধ পাত্রে লইয়া কার্বন ডাইঅক্সাইডের সহিত উচ্চচাপে (প্রায় 100 পাউণ্ড চাপে অর্থাৎ বায়ুচাপের প্রায় 7 গুণ চাপে) 130° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় কয়েক ঘণ্টা ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে সোডিয়াম স্যালিসাইলেট উৎপন্ন হয়।

$$C_6H_5ONa + CO_2 = C_6H_5OCOONa \rightarrow C_6H_4(OH)COONa$$

ফিনল সোডিয়াম ফিনাইল কার্বনেট সোডিয়াম স্যালিসাইলেট

উৎপন্ন কঠিন পদার্থকে জল দিয়া গলাইলে দ্রবণে সোডিয়াম স্যালিসাইলেট আসে। উক্ত দ্রবণে খনিজ অ্যাসিড যোগ করিলে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড অধঃক্ষিপ্ত হয়। জলের সহিত এই অধঃক্ষেপকে ফুটাইলে উহা দ্রবীভূত হয়। গরম অবস্থায় দ্রবণকে ছাঁকিয়া লইয়া শীতল করিলে সূচের মত কেলাসরূপে স্যালিসাইলিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়।

ইহা একটি বর্ণহীন সূচের মত কেলাসিত কঠিন। ইহার গলনাঙ্ক 159° সেন্টিগ্রেড। ইহা ঠাণ্ডা জলে খুবই কম দ্রাব্য কিন্তু গরম জলে, অ্যালকোহলে এবং ইথারে সহজেই দ্রাব্য। ফিনলের মত ইহা ফেরিক ক্লোরাইডের দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া গাঢ় বেগুনী রংএর দ্রবণ উৎপন্ন করে।

ব্যবহার :—স্যালিসাইলিক অ্যাসিড একটি বিশিষ্ট বীজবারক এবং জ্বরনাশক। ইহা খাদ্যদ্রব্য সংরক্ষণে, রং এবং সুগন্ধি প্রস্তুতে ব্যবহৃত হয়। ইহা হইতে নানা প্রকার ঔষধ, যথা স্যালল (Salol, phenyl salicylate), অ্যাসপিরিন (aspirin, acetyl salicylic acid), সোডিয়াম স্যালিসাইলেট প্রভৃতি উৎপাদিত করা হয়। স্যালল ঔষধরূপে গ্রহণ করিলে পেটে যাইয়া উহা ফিনল ও স্যালিসাইলিক অ্যাসিডে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় এবং এই দুইটিই জীবাণুনাশকরূপে কার্য করে। অ্যাসিপিরিন যে-কোনপ্রকার বেদনা (যথা, মাথা ধরা, গায়ের বেদনা) নাশ করিতে ব্যবহৃত হয়, কিন্তু ইহা হৃৎপিণ্ডের অবসাদ লইয়া আসে বলিয়া উহাকে ক্যাফিনের (Caffeine, চাএর পাতায় অবস্থিত অ্যালকালয়েড, যাহা হৃৎপিণ্ডের উপর উত্তেজকরূপে কার্য করে) সহিত মিশাইয়া ক্যাফিয়াস্পিরিণরূপে ব্যবহার করা হয়। সোডিয়াম স্যালিসাইলেট বাতের ঔষধ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

Questions

1. What are the important differences between aliphatic and aromatic compounds ? Illustrate your answer by reference to methane, ethylene and benzene.

১। অ্যালিফ্যাটিক এবং অ্যারোমেটিক যৌগগুলির ভিতর বিশেষ বিশেষ পার্থক্যগুলির উল্লেখ কর। মিথেন, ইথিলিন ও বেনজিন এই তিনটি যৌগ লইয়া পার্থক্যগুলির বর্ণনা দাও।

2. Write briefly how the fractional distillation of coaltar carried out. What are the different fractions obtained and what are their main constituents ?

২। আলকাতরার আংশিক পাতন সংক্ষেপে বর্ণনা কর। কি কি বিভিন্ন অংশ বিভিন্ন উষ্ণতায় সংগ্রহ করা হয় এবং উক্ত অংশগুলিতে প্রধানতঃ কোন্ কোন্ পদার্থ থাকে ?

3. How can pure benzene be obtained from coaltar ? In this connection mention the impurities in coaltar benzene and their removal.

৩। আলকাতরা হইতে বিশুদ্ধ বেনজিন কিভাবে পাওয়া যায় ? এই প্রসঙ্গে সাধারণভাবে উৎপন্ন বেনজিনের অশুদ্ধিগুলি উল্লেখ কর এবং কোন্ উপায়ে তাহাদের অপসারিত করা হয় তাহা বর্ণনা কর।

4. What is the structural formula of benzene ? How would you prove that benzene contains three double bonds ?

৪। বেনজিনের সংযুতি সংকেত কি প্রকার ? বেনজিনের অণুতে যে তিনটি দ্বিবন্ধ আছে তাহা কিভাবে প্রমাণ করিবে ?

5. How can the following benzene derivatives be prepared from benzene ?
(*a*) toluene, (*b*) phenol, (*c*) aniline, (*d*) nitrobenzene and (*e*) bromo benzene. What are the uses of the above compounds ?

৫। বেনজিন হইতে নিম্নলিখিত যৌগগুলি কিভাবে প্রস্তুত করা হয়—(ক) টলুইন, (খ) ফিনল, (গ) অ্যানিলিন, (ঘ) নাইট্রোবেনজিন, এবং (ঙ) ব্রোমোবেনজিন। উক্ত যৌগগুলির ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

6. Starting from toluene how can you obtain the following compounds ?
(*a*) benzyl chloride, (*b*) benzaldehyde, (*c*) benzoic and (*d*) parachlorotoluene. What are their uses ?

৬। টলুইন হইতে নিম্নলিখিত যৌগগুলির উৎপাদন প্রণালী বর্ণনা কর:—(ক) বেন্জাইল ক্লোরাইড, (খ) বেনজ্যালডিহাইড, (গ) বেনজোয়িক অ্যাসিড এবং (ঘ) প্যারাক্লোরোটলুইন। ইহাদের ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

7. How can acetylene be converted into benzene and benzene converted into glyoxal ?

৭। কিভাবে অ্যাসিটিলিন হইতে বেনজিন উৎপন্ন হয় এবং বেনজিনকে গ্লাইঅক্সেল-এ পরিবর্তিত করা যায় ?

8. Describe two methods of preparing phenol from benzene.

৮। বেনজিন হইতে ফিনল প্রস্তুতের দুইটি প্রণালী বর্ণনা কর।

ষষ্ঠ অধ্যায়

খাদ্য (Food)

খাদ্যের উপাদান (Proximate Principles of food)—আমাদের দেহের বিভিন্ন অংশের গঠনে কুড়িটি মৌলিক পদার্থ ব্যবহৃত হইয়াছে বলিয়া দেখা যায় ; তবে এই সকল মৌলের ভিতর প্রধানতঃ হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন এবং কার্বনকেই বেশী দেখিতে পাওয়া যায়। এই মৌলগুলির বিভিন্ন প্রকার সংযোগে বিভিন্ন পদার্থ উৎপন্ন হইয়া দেহের বিভিন্ন অংশে বর্তমান থাকে। এই জৈব যৌগগুলি সাধারণতঃ আমরা যে খাদ্য গ্রহণ করি তাহা হইতেই আসে।

আমরা যে খাদ্য গ্রহণ করি তাহাকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়, (1) পুষ্টিসাধক অংশ (nutrients) এবং (2) অসার অংশ (roughage)।

(i) খাদ্যের **পুষ্টিসাধক অংশকে** উহার **সারাংশও** বলে। এইগুলি জীর্ণ হয় এবং তাহার ফলেই আমাদের দেহের পুষ্টি সাধিত হয়। পুষ্টিসাধক খাদ্যের উপাদান-গুলি হইল—(ক) কার্বোহাইড্রেট (Carbohydrate, ইহাদের সম্বন্ধে পূর্বেই আলোচনা করা হইয়াছে ; পৃঃ ৪০২ দেখ) ; (খ) প্রোটিন (Proteins বা আমিষ জাতীয় যৌগ ; ইহারা নাইট্রোজেন ঘটিত জটিল যৌগ) ; (গ) স্নেহ দ্রব্য (Fats, ইহাদের সম্বন্ধেও আলোচনা পূর্বে করা হইয়াছে ; পৃঃ ৩৯৯ দেখ) ; (ঘ) জল (Water) ; (ঙ) লবণসমূহ (Salts) এবং (চ) ভাইটামিন (Vitamins, খাদ্যপ্রাণ)।

(ii) **খাদ্যের অসার অংশ** জীর্ণ হয় না বটে, কিন্তু এগুলি না থাকিলে অন্যান্য খাদ্য জীর্ণ করা বা মলত্যাগ সহজে নিষ্পন্ন করা সম্ভব হয় না। তাই এই প্রকার খাদ্যেরও প্রয়োজনীয়তা আছে।

খাদ্যের প্রয়োজনীয়তা :—দেহের বিভিন্ন অংশের ক্রিয়ায় যে শক্তির প্রয়োজন হয় তাহা প্রত্যক্ষ এবং পরোক্ষভাবে আমাদের খাদ্যই যোগাইয়া থাকে। উপরন্তু দেহ হইতে যে তাপ নিশ্বাস, মলমূত্র এবং ঘর্মের সহিত বাহির হইয়া যায়, এবং চর্ম হইতে বিকিরণের (radiation) ফলে যে তাপ ক্ষয় হয় তাহার সমতা রক্ষার জন্য খাদ্যের প্রয়োজন হয়। খাদ্যরস দেহের ভিতর উৎপন্ন হইয়া শোণিতে আসিয়া পড়ে এবং সেখানে অক্সিজেনের সহিত উহার মৃদুদহন ক্রিয়া সম্পন্ন হয়, তাহাতেই শরীরে তাপ উৎপন্ন হয় এবং সেইভাবে উৎপন্ন তাপই দেহের তাপের সাম্যাবস্থা আনয়ন করে।

খাদ্যের কার্বন, হাইড্রোজেন প্রভৃতি প্রশ্বাসের সহিত গৃহীত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কর্মশক্তি ও তাপ উৎপাদন করিয়া থাকে, তাই খাদ্যকে ইঞ্জিনের ইন্ধনের সহিত তুলনা করা হইয়া থাকে।

দেহের বিভিন্ন যন্ত্রাদি যথা হস্ত, পদ, হৃৎপিণ্ড, ফুসফুস প্রভৃতি প্রতিনিয়ত কার্য করার ফলে দেহস্থ তন্তুসমূহ (tissues) সর্বদাই ক্ষয়িত হইতেছে। এই ক্ষয়পূরণের জন্য এবং দেহের গঠনের বৃদ্ধির জন্য খাদ্য গ্রহণ করা প্রয়োজন। যে সমস্ত মৌল দেহের ভিতর দেখিতে পাওয়া যায়, সেই সমস্ত মৌলের মূলগুলি যে সমস্ত খাদ্যে আছে তাহাই আমাদের দেহ গঠনে ও উহাতে শক্তি সঞ্চারণে গ্রহণ করা উচিত।

এইবার খাদ্যের পুষ্টিসাধক অংশগুলির সম্বন্ধে নিম্নে আলোচনা করা হইল :—

(ক) **কার্বোহাইড্রেট : শ্বেতসার ও শর্করা জাতীয় খাদ্য :**—শ্বেতসার সাধারণতঃ চাউল, গম, আলু, বার্লি, ভুট্টা, সাগুদানা প্রভৃতি হইতে পাওয়া যায়। আমরা যে ভাত, রুটি, মুড়ি, তরিতরকারী প্রভৃতি আহার করি তাহার মূল উপাদান হইল শ্বেতসার জাতীয় পদার্থ। চিনি জাতীয় পদার্থ আখের চিনি, মধু বা ফল হইতে পাওয়া যায়। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, চিনি জাতীয় পদার্থ ও শ্বেতসার জাতীয় পদার্থ উভয়ই কার্বন, হাইড্রোজেন এবং অক্সিজেনের সমবায়ে গঠিত। সকল প্রকার কার্বোহাইড্রেটই অন্ত্রের রস দ্বারা জীর্ণ হইয়া দ্রাক্ষা শর্করায় (Grape sugar) পরিণত হয় এবং ইহা রক্তের সহিত মিশিয়া যায়। রক্তে অক্সিজেন দ্বারা ইহা জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইডে এবং জলে পরিণত হয় এবং এই বিক্রিয়ায় উৎপন্ন তাপই শরীরের শক্তি জোগাইয়া থাকে।

দ্রষ্টব্য :—(i) প্যান্‌ক্রিয়াস্‌ (Pancreas, অগ্ন্যাশয়) হইতে ইন্‌সিউলিন (Insulin) নামক রস নিঃসৃত হইয়া রক্তে আসে এবং এই ইন্‌সিউলিন গ্লুকোজের (দ্রাক্ষা শর্করার) জারণে সহায়তা করে। বহুমূত্র রোগীর দেহে অগ্ন্যাশয় হইতে ইন্‌সিউলিন নির্গমন ব্যাহত হওয়ার ফলে গ্লুকোজের জারণ হইতে পায় না। এই কারণে বহুমূত্র রোগীর রক্তে গ্লুকোজের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় এবং মূত্রে গ্লুকোজ দেখা যায়।

(ii) খাদ্য মুখের ভিতর লওয়ার সঙ্গে সঙ্গে উহার শ্বেতসারের হজমক্রিয়া আরম্ভ হয়। চিবাইবার সময় মুখের লালার সঙ্গে টায়ালিন (ptyalin) নামক এন্‌জাইম উৎপন্ন হইয়া শ্বেতসারকে আর্দ্র বিশ্লেষিত করে ; তাহার ফলে মল্‌টোজ (maltose)

নামক চিনি উৎপন্ন হয়। এই প্রক্রিয়া উদরের মধ্যেও সংঘটিত হইয়া থাকে। অগ্ন্যাশয় হইতে অন্য একপ্রকার রস, অ্যামাইলেজ, (amylase) উৎপন্ন হইয়া এবং অন্যান্য এনজাইমও উৎপাদিত হইয়া মলটোজকে গ্লুকোজে পরিণত করে। সিদ্ধ করা শ্বেতসার সহজে হজম হয়। দেহের ভিতর উৎপন্ন অতিরিক্ত গ্লুকোজ যকৃতে যাইয়া প্রধানতঃ গ্লাইকোজেন (glycogen) রূপে জমা হইয়া থাকে। ইহা লিভারে সংরক্ষিত খাদ্য (reserved food) রূপে বিদ্যমান থাকে ; যখন দেহের কোন অংশে গ্লুকোজের প্রয়োজন হয় তখন যকৃত অ্যাড্রিনালিন (Adrenalin) নামক হরমোনরসের (Harmone) সাহায্যে গ্লাইকোজেনকে গ্লুকোজে পরিণত করিয়া সেইখানে পাঠাইয়া দেয়।

(খ) **প্রোটিন (Protein) বা আমিষ প্রধান খাদ্য :**—এই প্রকার খাদ্য সর্বপ্রকারে দেহের গঠনে এবং যে সমস্ত কোষ ক্ষয় প্রাপ্ত হয় তাহা পুনরুজ্জীবিত করিতে ব্যবহৃত হয়। প্রোটিন ছাড়া জীবের জীবন সম্ভব নয় এবং ইহা সমস্ত জীবিত কোষের উপাদান। ইহাতে কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন এবং নাইট্রোজেন আছে। কোন কোন প্রোটিনে এই চারিটি মৌল ছাড়াও ফসফোরাস, সলফার এবং আয়রণ দেখিতে পাওয়া যায়। উদ্ভিদেরা তাহাদের নিজেদের ভিতর প্রোটিন সংশ্লেষিত করিতে পারে, কিন্তু আমাদের প্রোটিনের চাহিদা মিটাইতে উদ্ভিদ বা অন্য প্রাণীর উপর নির্ভর করিতে হয়। মাছ, মাংস, ছানা, দুগ্ধ ইত্যাদি প্রোটিন প্রধান প্রাণীজ খাদ্য ; মসুর, মুগ, ছোলা ইত্যাদির ডালও প্রোটিন-প্রধান খাদ্য ; এই সকল খাদ্যে যে প্রোটিন বর্তমান তাহাকে উদ্ভিজ্জ-প্রোটিন বলে। বেশীর ভাগ উদ্ভিজ্জ প্রোটিন দুষ্পাচ্য। এই সকল প্রোটিন-প্রধান খাদ্য হইতে দেহের মাংস, মাংসপেশী এবং দেহের অন্যান্য অংশ, যথা মস্তিষ্ক, লিভার, বৃক্ক এবং হৃৎপিণ্ড গঠিত হয়। ইহা ছাড়াও প্রোটিন-প্রধান খাদ্য ইন্ধনরূপে ব্যবহৃত হইয়া দেহে শক্তি উৎপাদন করিয়া থাকে।

(গ) **স্নেহপ্রধান খাদ্য (Fats) :** ইহাদের লিপিডও (lipid) বলা হয়। ইহাদের উপাদান হইল কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। ইহাদের প্রাণীজ এবং উদ্ভিজ্জ খাদ্যে বিদ্যমান দেখা যায়। উদ্ভিজ্জ স্নেহপদার্থ হইল নারিকেল তৈল, সরিষার তৈল, বাদাম তৈল প্রভৃতি ; আর প্রাণীজ স্নেহ পদার্থ হইল মাখন, ঘৃত, মাছের তৈল এবং ছাগ মাংসের স্নেহপদার্থ। চাউল ও গমে অতি সামান্য স্নেহ-পদার্থ আছে। প্রোটিন বা শর্করা জাতীয় বস্তু হইতেও দেহের ভিতর স্নেহজাতীয়

পদার্থের উৎপত্তি হইয়া থাকে। চর্বি কতকগুলি যন্ত্রকে আবৃত করিয়া রাখিয়া তাহাদের সংরক্ষণের কার্য করিয়া থাকে। স্নেহপদার্থ হইতে কার্বোহাইড্রেট অপেক্ষা বেশী কর্মশক্তি ও তাপ পাওয়া যায়; প্রকৃতপক্ষে কার্বোহাইড্রেটের ও প্রোটিনের সমান ওজনের স্নেহজাতীয় পদার্থ হইতে উক্ত দুই প্রকার খাদ্য হইতে উৎপন্ন শক্তির দ্বিগুণ শক্তি পাওয়া যায়। স্নেহ জাতীয় পদার্থের জারণ হইতে শক্তি উৎপন্ন হয়; সময় সময় দেহে চর্বিরূপে স্নেহপদার্থ সঞ্চিত হয় এবং উপবাসের সময় সেই সঞ্চিত চর্বি হইতে খাদ্যের চাহিদা মেটে।

দ্রষ্টব্য :—স্নেহজাতীয় পদার্থ উদরে যাইয়া পাচক রসের ক্রিয়ায় স্নেহজ অ্যাসিড এবং গ্লিসারিণে পরিণত হয়। এই প্রক্রিয়াটি লিপেজ (lipase) নামক এন্‌জাইমের ক্রিয়ায় ঘটিয়া থাকে। চর্বি অপেক্ষা তৈল সহজে হজম হয়।

(ঘ) **জল** (Water) :—আমাদের দেহের ওজনের প্রায় শতকরা 65 ভাগ জল। ইহা শরীরের পক্ষে অত্যাবশ্যক দ্রব্য। ইহা রক্তের প্রধান অংশ। জল শরীরের প্রত্যেক অংশকে ধৌত করে এবং শরীরের বহু দূষিত পদার্থকে মূত্র, ঘাম ও দেহ হইতে নির্গত জলীয় বাষ্পের সহিত মিশ্রিত করিয়া দেহ হইতে বাহির করিয়া দেয়। এইভাবে জল দেহ হইতে বাহির হইয়া যায় বলিয়া আমাদের দেহে জলের অভাব ঘটে এবং আমাদের তৃষ্ণা পায়।

(ঙ) **লবণ** (Salt) :—প্রত্যহ আমরা যে আহার্য গ্রহণ করি, তাহার সহিত নানাপ্রকার লবণ আমাদের দেহে প্রবেশ করে। তন্মধ্যে সাধারণ লবণ (সোডিয়াম ক্লোরাইড) প্রধান এবং ইহা রক্তে বর্তমান দেখা যায়।

ক্যালসিয়াম :—ক্যালসিয়াম ফসফেট আমাদের দেহের অস্থির প্রধান উপাদান এবং ইহা অস্থির (bones) শতকরা 60 ভাগ। রক্তে ক্যালসিয়াম লবণ বর্তমান দেখা যায়। রক্তে সোডিয়াম ও ক্যালসিয়াম থাকার ফলে হৃৎপিণ্ডের সঙ্কোচন ও প্রসারণ নিয়ন্ত্রিত হয়। দুধ, মাছ, ডিম, আলু, শাক-সব্‌জি, পানের চুন ইত্যাদি হইতে দেহের পক্ষে প্রয়োজনীয় ক্যালসিয়াম পাওয়া যায়। আমাদের প্রাত্যহিক খাদ্যে অন্ততঃ 0·65 গ্রাম ক্যালসিয়াম থাকা প্রয়োজন।

ফস্‌ফোরাস :—জীবমাত্রেরই অস্থিতে, মস্তিষ্কে, স্নায়ুতে, মজ্জায় এবং কোষে যে প্রোটিন থাকে তাহাতে ফস্‌ফোরাস বিদ্যমান দেখা যায়। তাই আমাদের দৈনন্দিন আহার্যে অন্ততঃ একগ্রাম ফস্‌ফোরাস থাকা প্রয়োজন। দুধ, মাছ, মাংস, বাদাম, কড়াইশুঁটি প্রভৃতি হইতে ফস্‌ফোরাস পাওয়া যায়। যাহারা মস্তিষ্কের

কার্য করে তাহাদের মস্তিষ্ক পরিচালনায় ফস্‌ফোরাসঘটিত যৌগ অধিক পরিমাণে ব্যয়িত হয় এবং সেই কারণে তাহাদের ফস্‌ফোরাস ঘটিত খাদ্য অধিক গ্রহণ করা উচিত।

আয়োডিনঘটিত লবণ :—আয়োডিনের অভাব হইলে গলগণ্ড (Goitre) রোগ জন্মায়। থায়রয়েড-গ্রন্থিতে (Thyroid gland) আয়োডিনঘটিত জৈব যৌগ বিদ্যমান থাকিতে দেখা যায়। তাই অতি সামান্য পরিমাণে হইলেও আয়োডিন শরীরের পক্ষে বিশেষ প্রয়োজনীয়। কড্‌লিভার-তৈলে, রসুনে এবং পেঁয়াজে—আয়োডিনঘটিত জৈব যৌগ আছে এবং সেই সমস্ত খাদ্য ব্যবহার করিলে দেহের প্রয়োজনীয় আয়োডিন পাওয়া যায়।

আয়রণ :—রক্তে যে হোমোগ্লোবিন নামক প্রোটিন দেখা যায় তাহাতে লৌহ বর্তমান আছে। এই লৌহ ফুসফুসে বায়ু হইতে অক্সিজেন গ্রহণ করিয়া অক্সি-হোমোগ্লোবিন তৈয়ারী করে; সেই অক্সি-হোমোগ্লোবিন দেহের সর্বত্র চালিত হয়—এবং উহা সহজেই খাদ্য রসদ্বারা বিজারিত হইয়া হোমোগ্লোবিনে পরিণত হইয়া আবার পূর্বের মত কার্য করে। খাদ্য-রস জারিত হইয়া কার্বন ডাই-অক্সাইড ও জল উৎপন্ন করে। ডিমের কুসুম, শাকসব্‌জি, ডুমুর ইত্যাদি হইতে আমাদের দেহের পক্ষে প্রয়োজনীয় আয়রণ সংগৃহীত হয়।

(চ) **ভাইটামিন** (Vitamins) **খাদ্যপ্রাণ :**—উপরে উল্লিখিত পাঁচ প্রকারের খাদ্য ব্যতীত আর এক শ্রেণীর খাদ্য আমাদের শরীরের পুষ্টি ও স্বাস্থ্যরক্ষা-কল্পে প্রয়োজন হয়। তাহারা সাক্ষাৎভাবে শরীরের শক্তি-উৎপাদনে ব্যবহৃত না হইলেও তাহাদের অভাবে অন্য সমস্ত খাদ্যের উপাদানগুলি যথাযথভাবে আমাদের দেহের কার্যে আসে না। খাদ্যে ইহাদের অভাব হইলে আমাদের দেহের বৃদ্ধি বন্ধ হইয়া যায় এবং দেহ নানাপ্রকার রোগের, যথা, বেরিবেরি, (Beri Beri), রিকেটস্‌ (Rickets), স্কার্ভি (Scurvy) প্রভৃতির আকর হইয়া পড়ে। বাসি, পচা, ভেজালযুক্ত খাদ্য, কলে ছাঁটা চাউল, টিনবন্দি খাবার, কড়া করিয়া ভাজা বা বেশী জ্বাল দেওয়া খাদ্য ভাইটামিনশূন্য হয়। সেইকারণে উক্তপ্রকার খাদ্যের ব্যবহারের ফলে উপরে লিখিত নানাপ্রকার রোগ হইয়া থাকে। টাটকা এবং একবল্‌কা দুধ, টাটকা ফলমূল, শাকসব্‌জি, কপি, মটরশুটি, টম্যাটো, কমলালেবু, টাটকা মাছ, মাংস এবং ডিমে প্রচুর ভাইটামিন থাকে। এই ভাইটামিনসমূহ দেহের ভাঙ্গাগড়ার (metabolism) কার্যে সাহায্য করে এবং রাসায়নিক-

প্রক্রিয়ায় অনুঘটক (Catalyst) যেভাবে কার্য করে ইহারাও খাদ্য পরিপাকে সেইপ্রকারে কার্য করে। সেই কারণে ইহাদের খাদ্যপ্রাণ বলা হয়। আজ পর্যন্ত ষোল প্রকার ভাইটামিনের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে। কিন্তু তাহাদের মধ্যে নিম্নোক্ত ছয়টি অপরিহার্য বলিয়া স্বীকৃত হইয়াছে। এই ছয়টি ভাইটামিনের কিছু কিছু পরিচয় নীচে দেওয়া হইল :—

(i) **ভাইটামিন "এ"** (Vitamin A) :—এই ভাইটামিন দেহের বৃদ্ধিতে সাহায্য করে। ইহার অভাবে লোকে রাতকানা হইয়া যায়—এবং অন্যান্য চক্ষু রোগ দেখা দেয়। ভাইটামিন "এ" চর্বিতে দ্রবীভূত হয়। ইহা দুধ হইতে উৎপন্ন মাখনে, দইএ ও ঘৃতে, নানাপ্রকার মৎস্যে, কড্‌লিভার তৈলে, পালং শাকে, বাঁধা কপিতে, টম্যাটো, গাজর প্রভৃতি উদ্ভিজ্জে পাওয়া যায়। পাকা পেঁপে এবং আমেও এই ভাইটামিন থাকে।

(ii) **ভাইটামিন "বি"** (Vitamin B) :—ইহা একটিমাত্র ভাইটামিন নহে, কারণ, ইহার বৈজ্ঞানিক প্রক্রিয়ায় বিশ্লেষণে এই জাতীয় অনেকগুলি ভাইটামিন পৃথক করা সম্ভব হইয়াছে, যথা ভাইটামিন B_1, B_2, B_6, B_{12} এবং সমস্তগুলির একত্রিত অবস্থানে উৎপন্ন হয় ভাইটামিন "বি" কমপ্লেক্স (Vitamin B Complex)। ভাইটামিন "বি" দেহের ভিতর কার্বোহাইড্রেটের দহন ক্রিয়াকে নিয়ন্ত্রিত করে। খাদ্যে ইহা না থাকিলে "বেরি বেরি" রোগ দেখা দেয়। এই প্রকার ভাইটামিন ঢেঁকিছাটা চাউলে, জাঁতায় ভাঙ্গা আটায়, অঙ্কুরিত গমে, ঈষ্টে (yeast) ও শাক-সব্‌জিতে পাওয়া যায়। ভাইটামিন "বি" জলে দ্রবণীয়। ভাইটামিন "বি"-যুক্ত খাদ্যকে গরম করিলে উহার ভাইটামিন সহজে নষ্ট হয় না। আজকাল ডাক্তারগণ নানা-রোগের চিকিৎসায় ভাইটামিন "বি" কমপ্লেক্স খাইতে দেন। ভাইটামিন "বি" কমপ্লেক্সের ভিতর নাইকোটিনিক অ্যাসিড (Nicotinic acid) পেলাগ্রা (Pellagra) রোগ প্রতিরোধ করিয়া থাকে।

(iii) **ভাইটামিন "সি"** (Vitamin C) :—ইহার রাসায়নিক নাম হইল অ্যাসকরবিক অ্যাসিড (ascorbic acid)। এই ভাইটামিনও জলে দ্রবীভূত হয়। টাটকা ফলে, শাকসব্‌জিতে এবং অঙ্কুরিত ছোলা-মটর প্রভৃতিতে এবং বিশেষভাবে লেবু, (কমলালেবু, পাতিলেবু) আনারস, টম্যাটো এবং আমলকিতে এই ভাইটামিন পাওয়া যায়। এই ভাইটামিন চিনির সঙ্গে সম্বন্ধ-যুক্ত। ইহার অভাব হইলে স্কার্ভিরোগ দেখা দেয়। লেবুর রস বেশী পরিমাণে ব্যবহার করিলে এই রোগ

প্রতিরোধ করা যায়। অনেক সময় দাঁতের রোগও খাদ্যে এই ভাইটামিনের অভাবে উৎপন্ন হয়। পেটের পীড়ায় অনেক সময় ভাইটামিন "সি" ইনজেকসন দেওয়া হয়।

(iv) **ভাইটামিন "ডি"** (Vitamin D) :—এই ভাইটামিন দেহের বৃদ্ধিতে সাহায্য করে এবং হাড়ের ভিতরে ইহার কার্য হইয়া থাকে। ভাইটামিন "ডি" তৈল এবং চর্বিতে দ্রাব্য। ইহার অভাবে ছোট শিশুর "রিকেট" (Ricket) নামক রোগ দেখা দেয়; বড়দের ভিতর এই ভাইটামিনের অভাবে অষ্টিও-ম্যালাসিয়া (osteomalacia, হাড়ের নরমভাব) নামক রোগ দেখা দেয়। কড্ এবং হ্যালিবুট প্রভৃতি মাছের যকৃতে ও তৈলে, মাংসে, হাড়ের মজ্জাতে ইহা প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহা দুগ্ধে এবং দুগ্ধ হইতে উৎপন্ন দ্রব্যাদিতে ও শাকসব্জিতে পাওয়া যায়। ভাইটামিন "ডি" বাতাসের সংস্পর্শে রাখিলে বা উত্তপ্ত করিলে নষ্ট হয় না। আমাদের চর্মের উপর সূর্য রশ্মিস্থিত অতিবেগুনী রশ্মির বিক্রিয়ায় আমাদের দেহে ভাইটামিন "ডি" উৎপন্ন হয়।

(v) **ভাইটামিন "ই"** (Vitamin E) :—এই ভাইটামিন জীবের প্রজনন শক্তি অব্যাহত রাখে। ইহা তৈল বা চর্বিতে দ্রবণীয়। ইহা উদ্ভিদের পাতায়, কলা, মাখন, ঢেঁকিছাটা চাউল, দুধে, লেটুসশাকে দেখিতে পাওয়া যায়। ইহ উত্তাপে অবিকৃত থাকে কিন্তু সহজেই ইহা জারিত হয়। সন্তানবতী মায়ের পক্ষে এই ভাইটামিন বিশেষভাবে প্রয়োজনীয়।

(vi) **ভাইটামিন "কে"** (Vitamin K) :—ইহা উদ্ভিদের সবুজ অংশে থাকে। আলফাঅলফা নামক শাকে, যকৃতে, মাখনে, টম্যাটোতে এবং শাকসব্জিতে এই ভাইটামিন দেখা যায়। এই ভাইটামিন দেহে থাকার ফলে কাটিয়া গেলে রক্ত জমাট বাঁধিয়া রক্তপাত বন্ধ হয়।

খাদ্যের অসার অংশ (Roughage) :—আমরা যে খাদ্য গ্রহণ করি তাহাতে কার্বোহাইড্রেটের ভিতর আঁশযুক্ত সেলুলোজ থাকে। তরকারি, শাকসব্জি ও ফলমূলেও এই প্রকার সেলুলোজ বর্তমান। এই সেলুলোজ আমরা পরিপাক করিতে পারি না এবং উহা মলের সহিত নিঃসৃত হইয়া যায়। খাদ্যের এই অসার অংশ যাহা আমাদের কোন প্রয়োজনেই আসে না তাহাকে রাফেজ (Roughage) বলে। ইহারা অপ্রয়োজনীয় হইলেও খাদ্যের আয়তন (bulk) বাড়াইয়া অন্ত্রের সঙ্কোচন ও প্রসারণের কার্যে সহায়তা করে এবং তাহাতে কোষ্ঠকাঠিন্য হইতে পায় না।

খাদ্যের পরিমাণ ও উহা গ্রহণের নিয়ম :—পুষ্টি (Nutrition) :—খাদ্যের পরিমাণ ওজনের দ্বারা স্থির করা হয় না, উহা হইতে উৎপন্ন তাপশক্তির দ্বারা উহার পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। বিভিন্ন খাদ্যদ্রব্যের এক গ্রাম ওজন হইতে বিভিন্ন পরিমাণ শক্তি উৎপন্ন হয়। যথা, 1 গ্রাম চর্বি (fat) হইতে 7 ক্যালরি, 1 গ্রাম কার্বোহাইড্রেট হইতে 4·1 ক্যালরি, 1 গ্রাম প্রোটিন (protien) হইতেও 4·1 ক্যালরি তাপ পাওয়া যায়। 1 ক্যালরি বলিতে সেই পরিমাণ তাপকে বুঝায় যাহা 1 গ্রাম জলকে 14·5° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতা হইতে 15·5° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় আনিতে পারে।

ডাক্তারগণ হিসাব করিয়া দেখাইয়াছেন, প্রত্যেক স্বাস্থ্যবান লোকেরই 2700—2800 ক্যালরি তাপ শক্তি উৎপাদক খাদ্য গ্রহণ করা উচিত। এই শক্তি উৎপাদনের জন্য খাদ্যে নিম্নলিখিত উপাদানগুলি নিম্নলিখিত পরিমাণে গ্রহণ করা উচিত ; এই প্রকারের খাদ্যকে **প্রমাণ খাদ্য** (Standard diet) বলা হয়।

প্রোটিন	65 গ্রাম	আয়রণ	0·020 গ্রাম
চর্বি	60 গ্রাম	ভাইটামিন "এ"	3000 আন্তর্জাতিক ইউনিট
কার্বোহাইড্রেট	350 গ্রাম	ভাইটামিন "বি"	300 ,,
ফসফরাস	1 গ্রাম	ভাইটামিন "সি"	0·030—0·050 গ্রাম
ক্যালসিয়াম	0·68 গ্রাম	ভাইটামিন "ডি"	উপযুক্ত পরিমাণ

যে আহার্যে উপরে লিখিত দ্রব্যগুলি যথাযথ থাকে তাহা গ্রহণ করিবার সময় টাটকা হওয়া বাঞ্ছনীয়, আর যাহা সহজে হজম হয় তাহাই খাওয়া উচিত। এই নিয়ম মানিয়া না চলিলে পরিপাক যন্ত্রের উপর অত্যধিক চাপ পড়ার ফলে উহা দুর্বল হইয়া যায়। উপরন্তু আহারের সময় এই পরিমাণ নিয়ন্ত্রণের বিশেষ প্রয়োজন আছে। এই নিয়মানুবর্তিতার ফলে শরীরের **পুষ্টি** সাধিত হয়। **পুষ্টি** বলিতে জীবকোষগুলির ক্ষতিপূরণ এবং নূতন জীবকোষ সৃষ্ট হওয়া। ইহার ফলেই জীবদেহের উত্তাপ, কর্মশক্তি ও রোগ প্রতিরোধক ক্ষমতা উৎপন্ন হয়। জীবকোষগুলি যতক্ষণ খাদ্যরস পায়, ততক্ষণ আমাদের দেহের পুষ্টি এবং বৃদ্ধি স্বাভাবিকভাবেই সংঘটিত হয়। যখন খাদ্যের অভাব হয় (উপবাস ইত্যাদির সময়) তখন প্রথমে দেহের সঞ্চিত খাদ্য প্রয়োজনস্থলে চালিত হইয়া দেহ কর্তৃক গৃহীত

হয়। সেই সকল সঞ্চিত খাদ্য শেষ হইলে দেহের ক্ষয় আরম্ভ হয় এবং এই অবস্থা চলিতে থাকিলে মৃত্যু পর্যন্ত হইয়া থাকে।

সুষম খাদ্য (Balanced diet) :—যে খাদ্যে প্রয়োজনীয় উপাদানগুলি উপযুক্ত পরিমাণে থাকে এবং যাহা নির্দিষ্ট পরিমাণ ক্যালরি সরবরাহ করিতে পারে তাহাকেই **সুষম খাদ্য** বলে। এই প্রকার সুষম খাদ্য স্থানীয় জলবায়ু, ব্যক্তির বয়স ও তাহার বৃত্তির উপর নির্ভর করে। একজন শ্রমিকের পক্ষে যাহা সুষম খাদ্য তাহা একজন বুদ্ধিজীবীর পক্ষে সুষম খাদ্য হিসাবে চলিতে পারে না।

রুচি অনুসারে নিম্নের খাদ্য তালিকার সময় সময় পরিবর্তন করা উচিত। পূর্ণবয়স্ক পুরুষের দৈনিক খাদ্য নিম্নলিখিতরূপ হইলে তাহা সুষম খাদ্য বলিয়া গণ্য হয় :—

পূর্ণবয়স্ক পুরুষের দৈনিক খাদ্যের উপাদানসমূহ ও তাহাদের পরিমাণ :—

খাদ্যের উপাদানের নাম :—	পরিমাণ :—
ঢেঁকিছাঁটা চাউল বা জাঁতায় ভাঙ্গা আটা	8 আউন্স বা এক পোয়া
ডাল	3 আউন্স বা $1\frac{1}{2}$ ছটাক
মাছ, মাংস, ডিম	4 আউন্স বা 2 ছটাক
তরকারি ও শাকসব্জি (রাঁধবার জন্য)	12 আউন্স বা 6 ছটাক
দুধ, দই	16 আউন্স বা 8 ছটাক
তৈল, ঘৃত, মাখন	3 আউন্স বা $1\frac{1}{2}$ ছটাক

খাদ্যের উপাদানের নাম :—	পরিমাণ :—
চিনি, গুড়	1 আউন্স বা $\frac{1}{2}$ ছটাক
লবণ	$\frac{1}{8}$ আউন্স বা $\frac{1}{16}$ ছটাক
পাতিলেবু	আধখানা
পাকা ফল	আবশ্যক অনুসারে

দ্রষ্টব্য : বর্তমানে যে মেট্রিক ওজন প্রবর্তিত হইতেছে তাহাতে 1 পাউণ্ড বা 16 আউন্সকে 453.6 গ্রাম ধরিয়া উপরে উল্লিখিত খাদ্যের ওজনগুলিকে মেট্রিক ওজনে লওয়া যাইবে। যথা—

8 আউন্স = 226.8 গ্রাম
4 আউন্স = 113.4 গ্রাম
1 আউন্স = 28.35 গ্রাম

খাদ্য পরিপাক (Digestion):—পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, খাদ্যদ্রব্যের পরিপাক আরম্ভ হয় মুখবিবর হইতেই। মুখ হইতে খাদ্যদ্রব্য পাকস্থলীতে যায় এবং সেখান হইয়া উহা ক্ষুদ্রান্ত্রে যায়। এই সকল বিভিন্ন স্থান হইতে বিভিন্ন প্রকার রস নিঃসৃত হইয়া পরিপাক ক্রিয়ায় সাহায্য করে। যেমন, মুখে লালার মধ্যে টায়ালিন (Ptyalin) নামক জারক-রস (enzyme) খাদ্যের ভিতর যে শ্বেতসার থাকে তাহাকে মলটোজ (maltose) নামক চিনিতে পরিণত করে। তাহার পর পাকস্থলীতে নিঃসৃত হয় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড এবং পেপসিন (Pepsin) ও রেনিন (Renin) নামক জারক-রস; ইহারাও কার্বোহাইড্রেটকে গ্লুকোজে পরিণত করে এবং প্রোটিনকে অ্যামাইনো অ্যাসিডে পরিণত করে। রেনিন দুধকে ছানায় পরিণত করে। ক্ষুদ্রান্ত্রে পিত্তরস (bile), অগ্ন্যাশয়-রস (pancreatic juice) এবং আন্ত্রিকরস (intestinal juice) নিঃসৃত হয়। অগ্ন্যাশয়-রসে অ্যামাইলেজ (amylase), ট্রিপ্‌সিন (trypsin) এবং লিপেজ (lipase) নামক এনজাইম বা জারক-রস দেখা যায়। এবং উহা মল্টোজকে গ্লুকোজে পরিণত করে। অগ্ন্যাশয় হইতে আরও একটি পদার্থ নিঃসৃত হয়, তাহার নাম ইন্‌সিউলিন (Insulin)। এই ইন্‌সিউলিন নামক রাসায়নিক পদার্থ

গ্লুকোজকে জারিত করিয়া দেহে তাপ উৎপাদন করে। পূর্বেই উল্লিখিত হইয়াছে যে, বহুমূত্র রোগীর দেহে প্যানক্রিয়াস বা অগ্ন্যাশয় ইনসিউলিন নিঃসৃত করিতে পারে না, তাই এই প্রকারের রোগীর রক্তে গ্লুকোজ থাকিয়া যায় এবং উহা উক্ত প্রকারের রোগীর প্রস্রাবের সহিত গ্লুকোজরূপেই দেহ হইতে বাহির হইয়া যায়। আন্ত্রিক-রসে ইরেপসীন (erepsin), সুক্রেজ (sucrase), ল্যাকটেজ (lactase) এবং মল্টেজ (maltase) নামক এনজাইম বা জারক-রস থাকে। এই সমস্ত জারক-রস ইক্ষু-শর্করাকে গ্লুকোজে এবং ফ্রুকটোজে, দুগ্ধ শর্করাকে গ্লুকোজ এবং অন্য চিনিকেও গ্লুকোজে পরিণত করে। এইভাবে উৎপন্ন গ্লুকোজই আমাদের দেহের পুষ্টিসাধনরূপ কার্যে লাগে। পূর্বেই বলা হইয়াছে যে, পাকস্থলীতে উৎপন্ন জারক-রসগুলি প্রোটিনকে অ্যামাইনো অ্যাসিডে পরিবর্তিত করে। এইভাবে উৎপন্ন অ্যামাইনো অ্যাসিড দেহকোষ সংস্কারে এবং নূতন কোষ সৃষ্টি করিতে ব্যবহৃত হয়। যে অ্যামাইনো অ্যাসিড অতিরিক্ত থাকে তাহা রক্তের সহিত যকৃতে (liver) যায়। যকৃতে উৎপন্ন জারক-রস উহাকে গ্লুকোজে পরিণত করে এবং পরে পুনরায় রক্তে পাঠাইয়া দেয়। চর্বিকে অগ্ন্যাশয় হইতে নিঃসৃত লাইপেজ (lipase) নামক জারক-রস এবং যকৃত হইতে উৎপন্ন পিত্তরস (bile) প্রথমে গ্লিসারিণ ও জৈব অ্যাসিডে পরিণত করে এবং ক্রমশঃ উহারা রক্তে আসিয়া জারিত হইয়া তাপ ও শক্তি উৎপন্ন করে।

উপরোক্ত এনজাইম ঘটিত বিক্রিয়াগুলি সমস্তই আর্দ্র বিশ্লেষণ (hydrolysis) ছাড়া আর কিছুই নয়। উপরের আলোচনা হইতে বুঝা যায় যে, পরিপাক ক্রিয়া সম্পূর্ণ হইলে নিম্নলিখিতভাবে খাদ্যদ্রব্যের বিভিন্ন উপাদানগুলির পরিবর্তন সাধিত হয় :—

(i) ষ্টার্চ বা শ্বেতসার সরলতম শর্করা গ্লুকোজে পরিণত হয় ;

(ii) প্রোটিন বা আমিষ জাতীয় খাদ্য অ্যামাইনো অ্যাসিডে পরিণত হয় ; এবং (iii) চর্বি বা ফ্যাট (fat) যাহা স্নেহ দ্রব্য বলিয়া পরিচিত তাহা গ্লিসারিণ ও নানাপ্রকার স্নেহজ অ্যাসিডে পরিণত হয়।

ইহার পর জীর্ণ খাদ্যের অবশোষণ ক্ষুদ্রান্ত্রের সাহায্যে সংঘটিত হয়। খাদ্যের দ্রবীভূত অংশ অবশোষিত হওয়ার পর রক্তের মধ্যে আসিয়া পৌঁছায় এবং রক্ত-স্রোতের সহিত দেহের বিভিন্ন কোষে পৌঁছায়। সেখানে খাদ্যরস প্রোটো-প্লাজম (Protoplasm)-এর অংশ হইয়া যায় এবং প্রশ্বাসের সহিত গৃহীত

বায়ুর অক্সিজেনের সংস্পর্শে আসিয়া মৃদু-দহন ক্রিয়ায় যোগ দেয়। তাহাতে উদ্ভূত তাপ শরীরের শক্তি যোগায় এবং শরীরের উষ্ণতা স্থিরাঙ্কে রাখে।

Questions

1. Classify food according to their functions. Explain the importance of food. Discuss the relationship that exists between our food and nutrition.

১। খাদ্যের কার্যকারিতা অনুসারে তাহার বিভাগ উল্লেখ কর। খাদ্যের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা করিয়া বুঝাইয়া দাও। আমাদের খাদ্যের এবং পুষ্টির ভিতর সম্পর্ক সম্বন্ধে আলোচনা কর।

2. What are the active principles of our food? What is meant by balanced diet?

২। আমাদের খাদ্যের কার্যকরী অংশ কি কি, "সুষম খাদ্য" বলিতে কি বুঝায়?

3. Write an essay on vitamins.

৩। ভাইটামিন সম্বন্ধে একটি নাতিদীর্ঘ প্রবন্ধ লিখ।

4. Write a connected account about the metabolism of our food.

৪। আমাদের খাদ্যের পরিপাক সম্বন্ধে একটি সুসম্বদ্ধ আলোচনা কর।

পরিশিষ্ট

পর্যায়-সারণী

পর্যায় সূত্রের উদ্ভবের ইতিহাস : মৌলগুলির ভিতর সৌসাদৃশ্যকে ভিত্তি করিয়া তাহাদের বিভাগ করার চেষ্টা অনেকদিন হইতেই হইয়া আসিতেছে। মোটামুটি তাহাদিগকে ধাতব ও অধাতব মৌলে বিভক্ত করা হয়, কিন্তু এইভাবে বিভক্ত মৌলগুলির ধর্মের পার্থক্য অনেক সময় ঠিক হয় না। যেমন ম্যাঙ্গানিজ ধাতুবিভাগে অবস্থিত, কিন্তু অধাতব মৌলের মত তাহার উচ্চ অক্সাইড অ্যাসিড-ধর্মী ; আবার গ্র্যাফাইট (কার্বনের একটি রূপ) নিশ্চয়ই অধাতু বিভাগে পড়ে, কিন্তু ইহা ধাতুর ন্যায় ঔজ্জ্বল্য বিশিষ্ট। এই সমস্ত কারণে এই প্রকার বিভাগ শুদ্ধ বলিয়া মানিয়া লওয়া যায় না।

ইহার পর মৌলগুলিকে তাহাদের যোজ্যতা অনুসারে ভাগ করা হয়। কিন্তু তাহাতেও বিভিন্নধর্মী মৌল একই শ্রেণীতে আসিয়া যায়। যথা, সোডিয়াম ও ক্লোরিণ এই দুইটি মৌলই একযোজী, কিন্তু সোডিয়াম ধাতব মৌল এবং ক্লোরিণ অধাতব মৌল ; সোডিয়াম ধনাত্মক তড়িতাহিত মৌল (electropositive element) এবং ক্লোরিণ ঋণাত্মক তড়িতাহিত মৌল (electronegative element)। কাজেই এইভাবে মৌলগুলিকে বিভক্ত করাও খুব সুবিধাজনক নয়।

তাই ইহার পরের চেষ্টাই হইল মৌলগুলিকে তাহাদের পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজানো।

এই প্রচেষ্টাগুলির উদ্ভাবকের মধ্যে প্রথমেই উল্লেখযোগ্য হইল ডোবারিণারের নাম। তিনি 1817 খৃষ্টাব্দে দেখান যে তিনটি করিয়া রাসায়নিক ধর্মে সাদৃশ্যযুক্ত মৌল সাজাইয়া লইলে উক্ত মৌল তিনটির পারমাণবিক ওজন নিয়মানুগভাবে পরিবর্তিত হইতে দেখা যায়। এই তিনটি মৌলের মধ্যমটির পারমাণবিক ওজন প্রথম ও তৃতীয় মৌলের পারমাণবিক ওজনের গড় অর্থাৎ যোগ করিয়া যাহা হয় তাহার অর্ধেক। বর্তমানে স্থিরীকৃত পারমাণবিক ওজন ব্যবহার করিয়া উদাহরণ স্বরূপ দেখান যায় যে নিম্নের তিনটি করিয়া সমধর্মী মৌলের সমাবেশের ক্ষেত্রে উহা প্রযোজ্য হইয়াছে।

I	II	III
Cl—35·5	Ca—40	S—32
Br—80	Sr—88	Se—79
I—127	Ba—137	Te—128

ইহাকে ডোবারিণারের **ত্রয়ীসূত্র** (law of triads) বলে। ডোবারিণারের ধারণা ছিল যে সমস্ত মৌলকে এইরূপ তিনটির একত্র সমাবেশে ভাগ করা যাইবে।

1852 খৃষ্টাব্দে ডি শ্যাস্কোর্টয়িস (de Chaucourtois) মৌলগুলিকে তাহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে এক সিলিণ্ডারের (cylinder) গায়ে স্পাইরেল (Spiral) ভাবে কাগজ জড়াইয়া তাহাতে সাজাইয়া লন এবং দেখিতে পান যে সাদৃশ্যযুক্ত মৌলগুলি একই লম্বের উপর অবস্থিত।

কিন্তু 1852 খৃষ্টাব্দে ক্যান্নিজারো (Cannizzaro) কর্তৃক নির্ভুলভাবে পারমাণবিক ওজন নির্ধারণ করিবার পদ্ধতি উদ্ভাবিত হওয়ার পর মৌলগুলিকে এইভাবে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজানোর চেষ্টা বিশেষভাবে আরম্ভ হয়।

নিউল্যাণ্ডের অষ্টকসূত্র (Newland's Law of Octaves)—

1864 খৃষ্টাব্দে নিউল্যাণ্ড তখনকার দিনে জানা মৌলগুলিকে কোন একটি নির্দিষ্ট মৌল হইতে আরম্ভ করিয়া তাহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজান এবং দেখিতে পান যে প্রতি অষ্টম মৌলে ধর্মের পুনরাবৃত্তি ঘটে। যথা,

Li	Gl	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

তাই তিনি বলেন যে মৌলগুলিকে যদি তাহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজানো হয় তবে কোন একটি মৌল হইতে অষ্টম মৌলে ধর্মগুলির পুনরাবৃত্তি ঘটে যেমন উপরের তালিকায় লিথিয়াম হইতে আরম্ভ করিয়া যতই মৌলের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির দিকে যায় ততই মৌলগুলির ধর্ম পরিবর্তিত হয়, কিন্তু এইভাবে সাতটি মৌল অতিক্রম করিয়া অষ্টম মৌল সোডিয়ামে উপনীত হইলে দেখা যায় যে সোডিয়ামের ও লিথিয়ামের ধর্মের ভিতর বিশেষ সাদৃশ্য বিদ্যমান। সঙ্গীতশাস্ত্রের সাতটি সুরের পুনরাবর্তনের সহিত সাদৃশ্য দেখিয়া নিউল্যাণ্ড এই বিষয়টির **অষ্টকসূত্র** (Law of Octaves) বলিয়া নামকরণ করেন। কিন্তু নিউ-

ল্যাণ্ডের সারণীতে এত বেশী অসামঞ্জস্য দেখা যায় যে তাহা কেহই মানিয়া লইতে চান না।

পর্যায় সূত্র (Periodic Law):—ইহার পরে রাশিয়ার শ্রেষ্ঠ রসায়নবিদ্ মেণ্ডেলিফ (Mendelejeeff) 1869 খৃষ্টাব্দে এবং জার্মান রসায়নবিদ্ লথার মায়ার (Lothar Meyer) 1870 খৃষ্টাব্দে পরস্পর নিরপেক্ষভাবে পর্যায় সূত্র আবিষ্কার করেন। মেণ্ডেলিফ সর্বক্ষেত্রে রাসায়নিক ধর্মে সৌসাদৃশ্যের উপর লক্ষ্য রাখিয়া মৌলগুলিকে তাহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে একটি সারণীতে (Table) সাজাইয়া এবং লথার মায়ার উহাদের ভৌত ধর্মের ভিতর সাদৃশ্যের প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া উক্ত ভাবে সাজাইয়া একই সূত্রে পৌছান। মেণ্ডেলিফের উক্তি অনুসারে সূত্রটি নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয় :—

মৌলগুলির ও তাহাদের যৌগগুলির ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলী পর্যায়ক্রমে তাহাদের পারমাণবিক-ওজনের সহিত আবর্তিত হয়।

পর্যায়ক্রমে আবর্তনের উদাহরণ আমরা প্রকৃতিতে অহরহঃ দেখিতে পাই দিবা ও রাত্রির ও ঋতুগুলির আবর্তনের সময়। সময় আগাইয়া চলিতেছে কিন্তু দিবা ও রাত্রি এবং ঋতুগুলি পুনরাবর্তিত হইতেছে।

মেণ্ডেলিফ নিম্নে প্রদর্শিত ৮টি দফায় পর্যায়সূত্র উল্লেখ করেন :—

(1) মৌলগুলিকে যদি তাহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক-ওজন অনুসারে সাজান যায় তাহা হইলে তাহাদের পর্যায়ক্রম সহজেই বুঝা যায় অর্থাৎ নির্দিষ্ট ব্যবধানের পর সমান গুণসম্পন্ন মৌলের অস্তিত্ব দেখা যায়।

(2) যে মৌলগুলির রাসায়নিক ধর্ম একই প্রকার তাহাদের পারমাণবিক ওজন প্রায় সমান দেখা যায়—(যেমন প্লাটিনাম, ইরিডিয়াম, অস্মিয়াম) অথবা তাহাদের পারমাণবিক ওজনের ব্যবধান প্রায় সমান হয় (যেমন, পটাসিয়াম, রুবিডিয়াম, সিজিয়াম)।

(3) এইভাবে মৌলগুলিকে অথবা মৌলপুঞ্জকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজাইলে এই বিন্যাস উহাদের যোজ্যতা অনুসারে হইয়া থাকে এবং সদৃশ গুণযুক্ত মৌলগুলি একই গোষ্ঠীতে বা শ্রেণীতে স্থাপিত হয়।

(4) যে সমস্ত মৌল প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় তাহাদের পারমাণবিক ওজন খুব কম এবং তাহাদের ধর্মগুলি বিশিষ্টভাবে নির্দিষ্ট। সেইকারণে তাহাদের "আদর্শ মৌল" বলা হয়।

(5) পারমাণবিক ওজনের উপরে মৌলের প্রকৃতি ও ধর্ম নির্ভর করে।

(6) এইভাবে মৌলগুলিকে সাজাইলে বুঝা যায় যে এখনও অনেক মৌল আবিষ্কৃত হইতে বাকী আছে।

(7) মৌলের নির্ণীত পারমাণবিক ওজনে ভুল থাকিলে তাহা পর্যায়-সারণীতে উহার কাছাকাছি অবস্থিত মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন দেখিয়া সংশোধন করা যায়।

(8) মৌলের পারমাণবিক ওজন জানা থাকিলে তাহার ধর্মগুলি সম্বন্ধে ভবিষ্যদ্বাণী করা যায়।

এই তথ্যগুলিকে একত্রিত করিয়া বলা যায় যে **মৌলের ধর্মগুলি মৌলের পারমাণবিক ওজনের উপর পর্যায়ক্রমে নির্ভরশীল।**

উপরের উক্ত আটটি দফা ভালভাবে আলোচনা করিলেই দেখা যাইবে যে উহার ভিতরই পর্যায়-সারণীর বীজ নিহিত আছে।

পর্যায়-সারণী (The Periodic Table):—এই সূত্রানুসারে মেণ্ডেলিফ মৌলগুলিকে একটি আনুভূমিকক্ষেত্রে সাজান—এইভাবে সাজানো মৌলযুক্ত আনুভূমিক ক্ষেত্রকে **পর্যায়-সারণী** বলা হয়। এই সারণীতে মৌলগুলিকে তাহাদের ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজানো হয়। হাইড্রোজেনকে বাদ রাখিয়া লিথিয়াম হইতে আরম্ভ করিয়া এইভাবে মৌলগুলি সাজাইলে প্রথম অনুভূমিক পংক্তিতে পাওয়া যায়—

Li Be B C N O F

ফ্লুয়োরিণের পর পারমাণবিক-ওজন অনুসারে আসে সোডিয়াম* এবং তাহাকে লিথিয়ামের নীচে বসাইলে একই ধর্ম বিশিষ্ট দুইটি মৌল একই লম্ব-সারিতে আসে। এইরূপে আর একটি বিভিন্ন মৌলবিশিষ্ট অনুভূমিক রেখা পাওয়া যায়, যথা:—

Na Mg Al Si P S Cl

এখানেও পর পর মৌলগুলি উহাদের উপরে পূর্ব রেখায় অবস্থিত মৌলগুলির পুনরাবৃত্তিমাত্র। এইভাবে সাতটি মৌল পরপর অতিক্রান্ত হইলে আসে পটাসিয়াম

* তৎকালে নিষ্ক্রিয় গ্যাসগুলি জানা ছিল না, তাই মেণ্ডেলিফ ফ্লুয়োরিণের পরই সোডিয়ামকে পারমাণবিক ওজন অনুসারে বসান।

এবং তাহার স্থান দেওয়া হয় সোডিয়ামের নীচে, কারণ ইহার সহিত সোডিয়ামের এবং তথা লিথিয়ামের বিশেষ সাদৃশ্য বিদ্যমান।

এইভাবে মৌলগুলিকে সাজাইলে দেখিতে পাওয়া যায় যে উহারা কতকগুলি অনুভূমিক পংক্তিতে এবং কতকগুলি লম্ব পংক্তিতে আসিয়া থাকে। অনুভূমিক পংক্তিগুলিকে "পর্যায়" (Period) এবং লম্ব পংক্তিকে "শ্রেণী" (Group) বলা হইয়া থাকে। শ্রেণীকে রোমান সংখ্যা I হইতে VIII পর্যন্ত চিহ্ন দেওয়া হয় এবং নিষ্ক্রিয়-গ্যাসগুলি আবিষ্কৃত হইলে তাহাদের একটি ভিন্ন শ্রেণীতে বসাইয়া তাহাকে O সংখ্যা দিয়া চিহ্নিত করা হয়। প্রত্যেক পর্যায়ে অবস্থিত মৌলগুলির ধর্ম বিভিন্ন হয় এবং উহাদের ধর্মগুলি পারমাণবিক-ওজনের পরিবর্তনের সঙ্গে নিয়মিত ভাবে পরিবর্তিত হয়। কিন্তু প্রত্যেক শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলগুলির ধর্মের ভিতর যথেষ্ট সাদৃশ্য দেখা যায় এবং উহাদের রাসায়নিক ধর্মগুলি একই প্রকারের হয়; তাই উক্ত প্রকারের লম্ব পংক্তিতে অবস্থিত মৌলগুলিকে এক পরিবার বা গোষ্ঠীর অন্তর্ভুক্ত মনে করা যাইতে পারে।

পর্যায়-সারণীর বৈশিষ্ট্য (Features):—বর্তমানে প্রচলিত পর্যায়-সারণী অনুসারে উহাতে 7টি পর্যায় (7 Periods) এবং নয়টি লম্বশ্রেণী আছে দেখা যায়। প্রত্যেক পর্যায়ে মৌলসংখ্যা নিম্নলিখিত প্রকার দেখা যায়:—

(i) 1 নং পর্যায়ে মাত্র দুইটি মৌল H এবং He আছে।

(ii) 2 নং এবং 3 নং পর্যায়ের প্রত্যেকটিতে আটটি করিয়া মৌল আছে। এই দুইটি পর্যায়কে হ্রস্ব (Short) পর্যায় বলে। 2নং পর্যায়ে তীব্রভাবে ধনাত্মক (electropositive) মৌল Li হইতে তীব্রভাবে ঋণাত্মক (electronegative) মৌল F পর্যন্ত মৌলগুলির ধর্ম ক্রমশঃ পরিবর্তিত হইতে দেখা যায় এবং এই পরিবর্তন তড়িৎনিরপেক্ষ মৌল কার্বনের ভিতর দিয়া যাইয়া সংঘটিত হয়। কার্বনকে তড়িৎনিরপেক্ষ বলা হয়, কারণ ইহা ধনাত্মক-মৌল H-এর সহিত যে যৌগ উৎপন্ন করে তাহা যতখানি স্থায়িত্বশীল ইহার ঋণাত্মক-মৌল Cl-এর সহিত যৌগও ততখানি সুস্থিত। 2নং পর্যায়ে মৌলগুলি হইল Li, Be, B, C, N O, F, Ne এবং 3নং পর্যায়ে মৌলগুলি হইল Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, A. ইহাতে অবস্থিত Na Li-এর সহিত সমধর্মী, Mg Be-এর সহিত সমধর্মী ইত্যাদি।

PERIODIC TABLE

(With Atomic numbers written above and Atomic weights written by the side of symbols).

Periods	Group I R_2O RH A B	Group II R_2O_2 RH_2 A B	Group III* R_2O_3 RH_3 A B	Group IV R_2O_4 RH_4 A B	Group V R_2O_5 RH_3 A B	Group VI R_2O_6 RH_2 A B	Group VII R_2O_7 RH A B	Group VIII R_2O_3→formula of oxides →formula of hydrides A.	Group O Or Gr VIII B
1							1 H 1·008		2 He 4
2	3 Li 6·94	4 Be 9·02	5 B 10·85	6 C 12	7 N 14·01	8 O 16	9 F 19		10 Ne 20
3	11 Na 23	12 Mg 24·3	13 Al 26 97	14 Si 28·06	15 P 31·04	16 S 32	17 Cl 35·46		18 A 39 0
4	19 K 39·1 29 Cu 63·5	20 Ca 40 30 Zn 65 3	21 Sc 35 1 81 Ga 70	22 Ti 48·1 32 Ge 72 5	23 V 51 33 As 74 9	24 Cr 52 34 Se 79 2	25 Mn 54 9 35 Br 79 9	26 27 28 Fe 55 8 Co 58 9 Ni 58 6	36 Kr 83 7
5	37 Rb 85 4 47 Ag 107 8	38 Sr 87·63 48 Cd 112	39 Y 88 9 49 In 114 8	40 Zr 91·20 50 Sn 119	41 Nb 92 9 51 Sb 121 76	42 Mo 96 52 Te 127·6	43 Tc 97 8 53 I 126 9	44 45 46 Ru 101 7 Rh 103 Pd 106	54 Xe 131
6	55 Cs 132·9 79 Au 197·2	56 Ba 137·37 80 Hg 200·6	57 La 139 58—71 Rare-earth 81 Tl 204	72 Hf 178 6 82 Pb 207 2	73 Ta 180 8 83 Bi 209	75 W 184 85 Po 210	75 Re 186·3 85 At 210	76 77 71 Os 191 Ir 193 Pt 195	86 Rn 222
7	87 Fr 223 8	88 Ra 227	89 Ac 227	90 Th 232 12	91 Pa 231	92 U 238 14			

* Rare-earth.—58 Ce., 59 Pr, 60 Nd., 61 Pm., 62 Sm., 63 Eu., 64 Gd., 65 Tb., [illegible] Dy., 67 Ho., 68 Er., 69 Tm., 70 Yb., 71 Lu.

হ্রস্ব পর্যায়ের মৌলগুলিকে আদর্শ (typical) মৌল বলা হয়। ইহাদিগকে প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।

(iii) 4নং এবং 5নং পর্যায়ের প্রত্যেকটিতে আঠারোটি করিয়া মৌল আছে। এইপর্যায় দুইটিকে দীর্ঘ (long) পর্যায় বলে। 4নং পর্যায় মৌল K দ্বারা আরম্ভ হইতেছে। এই K মৌল Li এবং Na মৌলদ্বয়ের সহিত সমধর্মী। 5নং পর্যায় মৌল Rb দ্বারা আরম্ভ হয়। এই Rb মৌলও অন্যান্য ক্ষারধর্মী ধাতুর সমধর্মী।

(iv) 6নং পর্যায়ে বত্রিশটি মৌল বিদ্যমান দেখা যায়। এই পর্যায়কে অতি দীর্ঘ (Very long) পর্যায় বলে এবং অনেক সময় রাক্ষুসে (Monster) পর্যায় নামেও ইহাকে অভিহিত করা হয়। এই পর্যায়ে চৌদ্দটি বিরলমৃত্তিক (Rare earth) মৌল একই শ্রেণীতে (III) বিদ্যমান দেখা যায়। এই মৌলগুলি হইল Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu ইহাদের পারমাণবিক ওজনের মাত্রায় 1 হইতে 4 পর্যন্ত পার্থক্য হয়। ইহারা সমধর্মী। ইহাদিগকে সহজে পৃথক করা যায় না। 7নং পর্যায়টি একটি ভাঙ্গা (broken) পর্যায়। ইহা দীর্ঘ পর্যায়ের মত আরম্ভ হয় এবং এই পর্যায়ে অবস্থিত ক্ষারধাতু ফ্রান্সিয়ামের আবিষ্ক্রিয়া এখনও হয় নাই। এই পর্যায়ে মোট মৌল সংখ্যা হইল 6 এবং ইহা হঠাৎ গুরুতম মৌল Uranium-এ (ইউরেনিয়ামে) পৌছাইয়া শেষ হয়।

দ্রষ্টব্য :—পৃথিবীর উপরের স্তরে যে মৌলগুলি পাওয়া যায় তাহা এই 92টির ভিতরেই পড়ে। বর্তমানে ইউরেনিয়ামের পরে আরও 11টি মৌল পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করা সম্ভব হইয়াছে (নোবেলিয়ামের পর লরেনসিয়াম নামে একটি মৌল 1961 তে আবিষ্কৃত হইয়াছে) এবং তাহাদেরও ধর্মানুসারে পর্যায় সারণীতে ঠিক বসান হইয়াছে। ইহারা হইল

Np,	Pu,	Am,	Cm,	Bk,
নেপচুনিয়াম,	প্লুটোনিয়াম.	আমেরিসিয়াম.	কিউরিয়াম,	বার্কেলিয়াম
Cf,	Es,	Fm,	Md,	No.
কালিফোরনিয়াম	আইনস্টেনিয়াম	ফের্মিয়াম	মেণ্ডেলেভিয়াম	নোবেলিয়াম

এই মৌলগুলিকে ট্র্যানস-ইউরেনিক (Transuranic) মৌল আখ্যা দেওয়া হইয়াছে।

এই সারণী হইতে দেখা যায় যে অনুভূমিক সারিতে মৌলগুলিকে ক্রমবর্ধমান পারমাণবিক ওজন অনুসারে এরূপভাবে সাজানো হইয়াছে যে সমধর্মী মৌলগুলি একই শ্রেণীতে আসিয়া পড়িয়াছে।

এই সারণীতে আরও দেখা যায় যে প্রত্যেক দীর্ঘপর্যায়ের মধ্যস্থলে VIII নং শ্রেণীতে তিনটি করিয়া মৌল আছে। ইহারা পরস্পর সমধর্মী এবং ইহাদের পারমাণবিক ওজনের পার্থক্য খুবই কম। ইহাদিগকে **"সন্ধিগত মৌল"** (Transitional elements) বলে। 4নং পর্যায়ে এইরূপ VIII শ্রেণীতে যে "ত্রয়ী" আছে তাহারা হইল Fe, Co, Ni; 5নং পর্যায়ে উক্ত প্রকার ত্রয়ী হইল Ru, Rh, Pd এবং 6নং পর্যায়ে ত্রয়ী হইল Os, Ir, Pt।

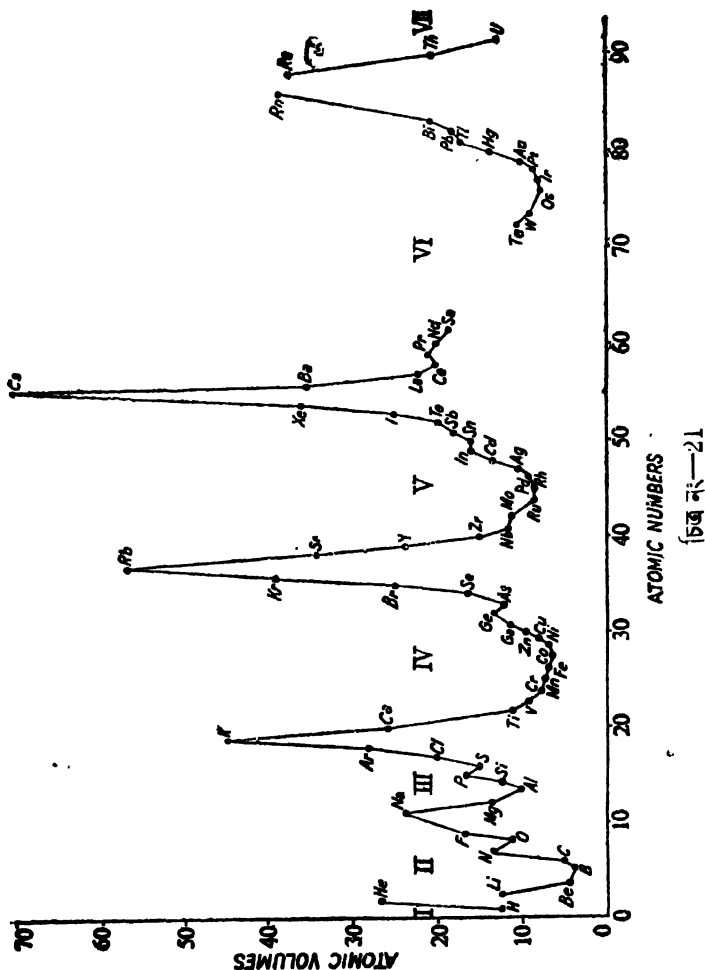
[**দ্রষ্টব্য** ঃ—বর্তমানে "সন্ধিগত মৌল" বলিতে আরও অনেক মৌলকে বুঝায়। যে সমস্ত মৌলের ইলেকট্রনীয় গঠন এরূপ যে কয়েকটি ইলেকট্রন শেষের স্তরের পূর্বের স্তর (Penultimate Shell) হইতে সর্ববহিঃস্থ স্তরে আসিয়া যোজ্যতার ইলেকট্রনরূপে কাজ করিতে পারে তাহাদেরই সন্ধিগত মৌল বলে। ইহাদের আয়নগুলি রংযুক্ত এবং ম্যাগ্‌নেট দ্বারা আকর্ষিত হয়। ইহারা অনুঘটকরূপে ব্যবহৃত হইতে পারে। তাই বর্তমানে 4নং পর্যায়ে স্ক্যানডিয়াম হইতে কপার পর্যন্ত মৌলকে, 5নং পর্য্যায়ে ইট্রিয়াম হইতে সিলভার পর্যন্ত মৌলকে এবং 6নং পর্যায়ে ল্যান্‌থানম হইতে গোল্ড পর্যন্ত মৌলকে সন্ধিগত মৌল বলা হইয়া থাকে।]

দীর্ঘ পর্যায়ের প্রথম সাতটি মৌলকে জোড় ক্রমের (even series) অন্তর্ভুক্ত বলা হয় এবং শেষের সাতটি মৌলকে বিজোড় ক্রমের (odd series) ভিতর ধরা হয়। প্রত্যেক শ্রেণীকে দুইটি উপশ্রেণীতে (sub-group) ভাগ করা হইয়াছে, এবং তাহাদের A ও B উপশ্রেণী বলা হয়। জোরক্রমেই মৌলগুলি বাম দিকের উপশ্রেণী A-তে পড়ে এবং বিজোড়ক্রমের মৌলগুলি ডানদিকের উপশ্রেণী B-তে পড়ে। উপশ্রেণীর মৌলগুলি পরস্পর বেশী সমধর্মী হয়।

7নং পর্যায়ের মৌলগুলি সকলেই তেজস্ক্রিয় (radioactive)। ইহাদিগকে অ্যাক্টিনাইড (actinide) মৌল বলে এবং ট্র্যান্‌স্‌-ইউরেনিক্ মৌলগুলিকেও এই অ্যাক্টিনাইড শ্রেণীতে ফেলা হইয়াছে।

পারমাণবিক ওজন ও ধর্মাবলীর পুনরাবৃত্তি (Periodicity of properties with change of Atomic Weights)—মেণ্ডেলিফের পর্যায়সারণী মৌলগুলির পারমাণবিক ওজনের অনুক্রমে উৎপন্ন হইয়াছে বটে; কিন্তু দেখা যায়

যে এই পর্যায়গত বিভাগে মৌলগুলির সমস্ত ধর্মই, কি ভৌত কি রাসায়নিক, একই রকমভাবে আবর্তিত হয়। মৌলের ধর্মগুলির ভিতর কয়েকটি লইয়া এইখানে তাহাদের আবর্তন দেখান হইল :—

চিত্র নং—২১

(ক) **ভৌত ধর্মাবলী :** (i) মৌলসমূহের পারমাণবিক আয়তন (Atomic volume) তাহাদের পারমাণবিক ওজনের সহিত পর্যায়ক্রমে পরিবর্তনশীল এই

তথ্যটি লোথার মায়ার প্রথম 1870 খৃষ্টাব্দে দেখান এবং এই ধর্মের আলোচনা করিয়াই তিনি পর্যায়সূত্র উদ্ভাবিত করেন। এক গ্রাম-পরমাণু পরিমাণ যে কোন মৌলের আয়তনকে পারমাণবিক আয়তন বলা হয়। মৌলের পারমাণবিক ওজনকে উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব দিয়া ভাগ দিলে উহার পারমাণবিক আয়তন পাওয়া যায়।

$$\text{যে কোন মৌলের পারমাণবিক আয়তন} = \frac{\text{উহার পারমাণবিক ওজন}}{\text{উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব}}$$

। লোথার মায়ার পারমাণবিক ওজনকে ভুজ (abscissa) ধরিয়া এবং পারমাণবিক আয়তনকে কোটি (ordinate) ধরিয়া একটি ছক (graph) আঁকেন। সেই ছকটি ছবিতে পারমাণবিক ক্রমাঙ্ককে ভুজ ধরিয়া প্রদর্শিত হইল। এই ছকে দেখা যায় যে ক্ষার ধাতুগুলি ছকের (crests) শীর্ষস্থানগুলি অধিকার করিয়া আছে এবং অতি উচ্চ উত্তাপে বিগলিত হয় এইরূপ মৌলগুলি গর্তগুলিতে (hollows) অবস্থিত। এক ছকে প্রত্যেক পর্যায় একটি ঢেউএর মত। ঢেউএর শীর্ষে থাকে ক্ষার ধাতু এবং ঢেউএর গর্তে থাকে অতি উচ্চ তাপে গলে এবং কম বিক্রিয়াশীল এরূপ মৌল। ঢেউএর ঢালু (slope) অংশে থাকে তড়িৎধনাত্মক মৌল অথবা ধাতব মৌল; চড়াই (ascending) অংশে থাকে তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল অথবা অধাতব মৌল।

(*ii*) এইরূপে মৌলগুলির অন্যান্য ভৌতধর্ম, যথা গলনাঙ্ক, স্ফুটনাঙ্ক, চাপে সংকোচনশীলতা (compressibility), তড়িৎপরিবহন ক্ষমতা (electrical conductivity) ইত্যাদি পূর্বে উল্লিখিত উপায়ে মৌলগুলির পারমাণবিক ওজনকে ভুজ এবং উক্ত ধর্মগুলির আঙ্কিক্ মানকে কোটি ধরিয়া ছক আঁকিলে ঠিক পূর্বে প্রদর্শিত ছকের মত ছক পাওয়া যায়। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে উল্লিখিত ভৌত ধর্মগুলি আবর্তনশীল।

[দ্রষ্টব্য : একমাত্র ভৌত ধর্ম যাহা সাধারণ উষ্ণতায় আবর্তিত হয় না তাহা পারমাণবিক তাপ (atomic heat = at wt. × sp. heat) ; ইহার মান স্থিরাঙ্ক, (6·4), মৌলের পারমাণবিক ওজন যাহাই হউক না কেন। কিন্তু যদি মৌলের আপেক্ষিক তাপ (sp. heat) অতি নিম্ন উষ্ণতায় (তরল হাইড্রোজেনের উষ্ণতায়) স্থির করা হয় তবে এই পারমাণবিক তাপও আবর্তনশীল তাহা ছক হইতে পাওয়া যায়।]

(খ) **রাসায়নিক ধর্মাবলী :**—এখানে মৌলের সমস্ত রাসায়নিক ধর্ম একটি একটি করিয়া আলোচনার অন্তর্ভুক্ত না করিয়া দুইটি বিশিষ্ট রাসায়নিক ধর্ম যে আবর্তনশীল তাহা দেখান হয় এবং তাহা হইতেই অন্যান্য রাসায়নিক ধর্মগুলিও

যে আবর্তনশীল হয় তাহা বুঝা যায়। এই দুইটি রাসায়নিক ধর্ম হইল মৌলগুলির **যোজ্যতা** (valency) এবং উহাদের **তড়িৎ রাসায়নিক** (electro-chemical) ধর্ম।

(i) **যোজ্যতা :**—(ক) **হাইড্রোজেন-যোজ্যতা** (Hydrogen-Valency) প্রথম হ্রস্বঃ পর্যায়ের মৌলগুলি নিম্নলিখিত হাইড্রাইডগুলি গঠন করে :—

LiH, BeH_2, $(BH_3)_2$, CH_4, NH_3, OH_2, FH ইহা হইতে এবং দ্বিতীয় হ্রস্বঃ পর্যায়ের মৌলগুলির হাইড্রাইডগুলির কথা বিবেচনা করিলে দেখা যায় যে মৌলের হাইড্রোজেন যোজ্যতা প্রথম শ্রেণী হইতে চতুর্থ শ্রেণী পর্যন্ত বৃদ্ধি পাইয়া এক হইতে চারে পৌছায় এবং আবার নিয়মানুগভাবে কমিয়া সপ্তম শ্রেণীতে এক হয়। এখানে কিছু নিয়ম বহির্ভূত হাইড্রাইডও দৃষ্ট হইয়া থাকে।

(খ) **অক্সিজেন যোজ্যতা** (Oxygen valency):—এই প্রকার যোজ্যতা বিবেচনা করিতে গেলে প্রথমে হ্রস্বঃ পর্যায় আলোচনায় আনিলে দেখা যায় যে উক্ত দুই পর্যায়ের মৌলগুলির অক্সাইড হইল :—

Li_2O, BeO, B_2O_3, CO_2, N_2O_5, F_2O_2
Na_2O, MgO, Al_2O_3, SiO_2, P_2O_5, SO_3 Cl_2O_7

এই অক্সাইডগুলি দেখিলে বুঝা যায় যে অক্সিজেন-যোজ্যতা প্রথম শ্রেণী হইতে সপ্তম শ্রেণী পর্যন্ত এক হইতে সাত পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়। অষ্টম শ্রেণীর মৌল অস্মিয়াম-এর অক্সাইড হইল OsO_4 এবং সেখানে শ্রেণীগত যোজ্যতা দেখা যায় আট। এইখানে মৌলগুলির বিভিন্ন অক্সাইডের ভিতর যে অক্সাইডে উহার সব চেয়ে বেশী যোজ্যতা দেখায় তাহাই আলোচনায় অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে।

যে কোনও শ্রেণীতে অবস্থিত মৌলের হাইড্রোজেন যোজ্যতা এবং অক্সিজেন যোজ্যতা যোগ করিলে আট হয়।

দ্রষ্টব্য :—কোন কোন রাসায়নিকের মত মৌলের অক্সিজেন যোজ্যতা বিবেচনা না করিয়া উহার ফ্লুয়োরিণ যোজ্যতা বিবেচনা করিলে ভাল হয়, কারণ ফ্লুয়োরিণ সকলক্ষেত্রে মৌলের সর্বাপেক্ষা বেশী যোজ্যতা কার্যকরী করিয়া যৌগ উৎপাদন করিয়া থাকে।

(ii) **তড়িৎ রাসায়নিক ধর্ম** (Electrochemical Character):—একই পর্যায়ে অবস্থিত মৌলগুলির তড়িৎ রাসায়নিক ধর্ম যদি পর্যালোচনা করা যায় তবে দেখা যাইবে যে প্রথম শ্রেণীতে অবস্থিত মৌল সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ধনাত্মক বা

ধাতব গুণযুক্ত (highly electro-positive or metallic), কিন্তু ক্রমশঃ দ্বিতীয় শ্রেণীর ভিতর দিয়া পরপর শ্রেণী পার হইতে হইলে দেখা যায় যে তড়িৎ ধনাত্মক গুণের পরিমাণ কমিয়া আসে এবং চতুর্থ শ্রেণীতে তড়িৎ-নিরপেক্ষ মৌলের ভিতর দিয়া যাইয়া তড়িৎ-ঋণাত্মক মৌলে পৌছান যায় এবং তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্ম ক্রমশঃ বৃদ্ধি প্রাপ্ত হইয়া সপ্তম শ্রেণীতে সর্বাপেক্ষা বেশী হয়। উদাহরণ স্বরূপ দ্বিতীয় হ্রস্বঃ পর্যায়ে সোডিয়াম সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ধনাত্মক গুণ-সম্পন্ন মৌল (ধাতু), ম্যাগনেসিয়াম সোডিয়াম অপেক্ষা কম তড়িৎ ধনাত্মক গুণ-সম্পন্ন মৌল (ধাতু), সিলিকন তড়িৎ নিরপেক্ষ মৌল ; ইহার দুইটি যৌগ SiH_4 এবং $SiCl_4$ সমান সুস্থিত। (অধাতু) ফসফোরাস তড়িৎ ঋণাত্মক গুণ সম্পন্ন মৌল। (অধাতু), সলফার ফসফোরাস অপেক্ষা বেশী তড়িৎ ঋণাত্মক গুণসম্পন্ন মৌল (অধাতু), ক্লোরিণ এই পর্যায়ে সর্বাপেক্ষা বেশী তড়িৎ-ঋণাত্মক গুণসম্পন্ন মৌল (অধাতু)। পরের পর্যায়ে ঠিক অনুরূপ পরিবর্তন লক্ষিত হয়।

তাহা হইলে দেখা যায় যে মৌলের পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক ধর্ম সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ধনাত্মক মৌল হইতে আরম্ভ করিয়া সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলে পৌছায় এবং তাহার পর আবার তড়িৎ ধনাত্মক মৌলে ফিরিয়া আসে। তড়িৎ ধনাত্মক ধর্ম বিশিষ্ট মৌল হইতে তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্মবিশিষ্ট মৌলে আসিতে তড়িৎ নিরপেক্ষ মৌলের ভিতর দিয়া আসিতে হয়। সেইরূপ তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্ম বিশিষ্ট মৌল হইতে তড়িৎ ধনাত্মক ধর্মবিশিষ্ট মৌলে আসিতে বর্তমানে আবিষ্কৃত নিষ্ক্রিয় গ্যাসের যাহাদের যৌজ্যতা শূন্য এবং যাহাদের এই ধর্মের সহিত সুন্দর সামঞ্জস্য রাখিয়া 0 (zero বা শূন্য শ্রেণীতে বসান হইয়াছে) শ্রেণীতে বসান হইয়াছে, তাহার ভিতর দিয়া যাইতে হয়। মেণ্ডেলিফের পর্যায় সারণীতে হঠাৎ এই পরিবর্তন হইত এবং তাহাতে সারণীর সামঞ্জস্য নষ্ট হইয়া যাইত।

দ্রষ্টব্য ঃ—এইখানে উল্লেখ করিতে হয় যে একই শ্রেণীতে পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির সঙ্গে তড়িৎ-রাসায়নিক ধর্মের পরিবর্তন দেখা যায়। শ্রেণীর সর্বাপেক্ষা কম পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট মৌল অপেক্ষা উহার সর্বাপেক্ষা বেশী পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট মৌল তড়িৎ-ধনাত্মক গুণ বেশী দেখাইয়া থাকে। উদাহরণ স্বরূপ, প্রথম শ্রেণীতে লিথিয়াম অপেক্ষা সিজিয়াম অনেক বেশী তড়িৎ ধনাত্মক গুণসম্পন্ন মৌল। আবার সপ্তম শ্রেণীতে F, Cl, Br এবং I এই চারিটি মৌলের ভিতর ফ্লুয়োরিণ সর্বাপেক্ষা বেশী তড়িৎ ঋণাত্মক ধর্মবিশিষ্ট, কিন্তু আয়োডিনে অনেক তড়িৎ ধনাত্মক গুণ দেখা যায়।

পর্যায় সারণীর উপকারিতা (Utility of the Periodic Table) :—

(ক) ইহা মৌলের ধর্মগত উৎকৃষ্টতম শ্রেণী-বিভাগ। এই সারণী রসায়ন শাস্ত্রের অধ্যয়ন অনেক সুগম করিয়া দিয়াছে। জানা যতগুলি মৌল আছে এবং পরেও যে সমস্ত মৌল পরীক্ষাগারে উৎপন্ন করা হইয়াছে (অ্যাক্টিনাইড মৌল সমূহের শেষগুলি বা ট্র্যানস্ ইউরেনিক মৌল সমূহ) এই সারণীতে এমন সুসঙ্গতভাবে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়াছে যে, যে কোন মৌলের স্থান লক্ষ্য করিয়া তাহার শ্রেণী জানিতে পারিলে সেই মৌলের এবং উহার যৌগসমূহের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মাবলী জানা যায়। উদাহরণ স্বরূপ, পটাসিয়ামের সারণীতে অবস্থিতি দেখিয়া জানা যায় যে উহা প্রথম শ্রেণীতে অন্যান্য ক্ষার ধাতুর সহিত অবস্থিত। অতএব উহার ধর্মাবলী অন্যান্য ক্ষার ধাতুর মতই হইবে। আমাদের জানা আছে যে লিথিয়াম ও সোডিয়াম সাধারণ উত্তাপে জলকে বিয়োজিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। পটাসিয়ামেও উক্ত ধর্ম দেখা যাইবে। সোডিয়ামের দুইটি অক্সাইড, Na_2O এবং Na_2O_2। পটাসিয়ামের দুইটি অক্সাইড থাকিবে ; K_2O এবং K_2O_2। তবে পটাসিয়ামের ব্যক্তিত্ব বিভিন্ন হইবে, তাই জলকে ইহা এরূপ ভাবে বিয়োজিত করে যে উৎপন্ন হাইড্রোজেনে আগুন ধরিয়া যায়, লিথিয়াম বা সোডিয়ামের বেলায় তাহা হয় না। পটাসিয়ামের উক্ত দুইটি অক্সাইড ছাড়াও আরও একটি অক্সাইড হইয়া থাকে, যথা KO_2। এইরূপে 92টি জানা মৌলের পৃথক্ পৃথক্ ভাবে ধর্মগুলি মনে রাখা সম্ভব নয় বটে, কিন্তু উহারা যে 7টি শ্রেণীতে পড়িয়াছে সেই 7টি শ্রেণীর ধর্মাবলী জানিলেই সমস্ত মৌলের ধর্ম জানা যাইবে।

(খ) **নূতন মৌল সম্বন্ধে ভবিষ্যৎ-বাণী** (Prediction of unknown elements) :—মেণ্ডেলিফের মূল সারণীতে অনেকগুলি শূন্যস্থান ছিল। মেণ্ডেলিফ তখনকার দিনে জানা মৌলগুলিকে পারমাণবিক ওজন অনুসারে সাজাইতে গিয়া রাসায়নিক ধর্মের প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া তাহাদের সাজান। সেইজন্যই এই স্থানগুলির উৎপত্তি হয়। সেই শূন্য স্থানে একটি সেই পর্যন্ত অনাবিষ্কৃত মৌল বসিবে তাহা মেণ্ডেলিফ ভবিষ্যদ্বাণী করেন এবং সেই সঙ্গে উক্ত শূন্যস্থানের চতুষ্পার্শ্বে অবস্থিত মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন ও ধর্মগুলি পর্যালোচনা করিয়া শূন্যস্থানের অনাবিষ্কৃত মৌলের পারমাণবিক ওজন ও ধর্মাবলী সম্পর্কেও ভবিষ্যদ্বাণী করেন। মেণ্ডেলিফ

তাঁহার জীবদ্দশায় এই শূন্যস্থানগুলির মৌল আবিষ্কৃত হইতে দেখেন এবং উক্ত মৌল সকলের ধর্মাবলী স্থিরীকৃত হইলে দেখা গেল যে উক্ত ধর্মগুলি ও মেণ্ডেলিফের ভবিষ্যদ্বাণীতে উচ্চারিত ধর্মাবলী একই। উদাহরণ স্বরূপ, মেণ্ডেলিফের সারণীতে তৃতীয় শ্রেণীতে বোরনের নীচে অবস্থিত মৌল, অ্যালুমিনিয়ামের নীচে অবস্থিত মৌল এবং চতুর্থ শ্রেণীতে সিলিকনের নীচে অবস্থিত মৌল এই তিনটি জানা ছিল না এবং তিনি উহাদের নামকরণ করেন **একাবোরন** (Ekaboron), **একা-অ্যালুমিনিয়ম** (Eka-aluminium) এবং **একা-সিলিকন** (Eka-silicon)। এই তিনটি মৌলই তাঁহার জীবদ্দশায় আবিষ্কৃত হয়: প্রথমটির নাম হয় **স্ক্যানডিয়াম** ও নীলসন (Nilson) উহাকে আবিষ্কার করেন 1879 খৃষ্টাব্দে, দ্বিতীয়টির নাম হয় **গ্যালিয়াম** এবং উহার আবিষ্কর্তা লেকো ডো বয়িসবোড্রা (Lecoq de Boisbaudran) 1875 খৃষ্টাব্দে উহাকে আবিষ্কার করেন; তৃতীয়টির নাম হয় **জার্মেনিয়াম** এবং উইঙ্কলার (Winkler) উহাকে আবিষ্কার করেন 1886 খৃষ্টাব্দে। ইহার একটিকে লইয়া মেণ্ডেলিফের ভবিষ্যদ্বাণী কতখানি মিলিয়াছিল তাহা দেখান গেল। যথা :—

একা-সিলিকন	**জার্মেনিয়াম**
ধর্মাবলী (যাহা মেণ্ডেলিফ ভবিষ্যদ্বাণী করিয়াছিলেন)	ধর্মাবলী (যাহা পরে স্থিরীকৃত হয়)
পারমাণবিক ওজন 72, গুরুত্ব 5·5, পারমাণবিক আয়তন 13	পারমাণবিক ওজন 72·6, গুরুত্ব 5·47, পারমাণবিক আয়তন 13·2
রং ধূসর, অক্সাইড EsO_2 সাদা গুঁড়া, ধাতুটি ষ্টীমকে কষ্টের সহিত বিয়োজিত করিবে।	রং ধূসর আভাযুক্ত সাদা, অক্সাইড GeO_2 সাদা গুঁড়া। ধাতুটি ষ্টীমকে বিয়োজিত করে না।
অ্যাসিডের খুব কম বিক্রিয়া হয়, ক্ষারের বিক্রিয়া বিশেষভাবে ঘটিবে।	ধাতুটি হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না কিন্তু অম্লরাজে (aqua regia) দ্রাবিত হয়। কষ্টিক পটাসের জলীয় দ্রবণের

একা-সিলিকন	জার্মেনিয়াম
	কোন বিক্রিয়া হয় না, কিন্তু গলিত কষ্টিক পটাস ধাতুটিকে জারিত করে।
EsO_2 অক্সাইডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·7 : ইহা টাইটানিয়াম অক্সাইড বা টিন ডাইঅক্সাইড অপেক্ষা কম ক্ষারকীয় কিন্তু SiO_2 অপেক্ষা বেশী ক্ষারকীয়। ক্লোরাইডের সংকেত হইবে $EsCl_4$ এবং উহা তরল হইবে। তরলের স্ফুটনাঙ্ক 100° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতার নীচে হইবে এবং উক্ত তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব হইবে 1·9 (0° সেন্টিগ্রেড)	GeO_2 অক্সাইডের আপেক্ষিক গুরুত্ব 4·703 ; অতি অল্প পরিমাণে ক্ষারকীয় এবং ধাতব জার্মানেট পাওয়া যায়। ক্লোরাইডের সংকেত হইল $GeCl_4$ এবং উহা তরল পদার্থ। তরলের স্ফুটনাঙ্ক 86·5° সেন্টিগ্রেড এবং উক্ত তরলের আপেক্ষিক গুরুত্ব হইল 1·887 (18° সেন্টিগ্রেড)
ফ্লুয়োরাইড হইবে EsF_4 এবং উহা গ্যাসীয় হইবে না।	ফ্লুয়োরাইড হইল GeF_4 ; $3H_2O$ এবং ইহা সাদা কেলাসিত কঠিন।

এইভাবে পর্যায় সারণী হইতে নূতন মৌল আবিষ্কারের প্রেরণা আসিয়াছে।

সন্দেহজনক পারমাণবিক ওজনের সংশোধন (Correction of doubtful atomic weights) :—পর্যায় সারণীর সাহায্যে অনেক মৌলপদার্থের সন্দেহজনক পারমাণবিক ওজন নির্ভুলভাবে স্থির করা সম্ভব হইয়াছে। প্রথম উদাহরণ হইল বেরিলিয়ামের পারমাণবিক ওজন। উহার তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করিয়া পাওয়া গিয়াছিল 4·5। প্রথমে উহার অ্যালুমিনিয়ামের সহিত রাসায়নিক সাদৃশ্য হইতে উহার যোজ্যতা অ্যালুমিনিয়ামের মত ধরা হয়। তাহাতে তাহার পারমাণবিক ওজন হয় $4·5 \times 3 = 13·5$। কিন্তু বেরিলিয়ামের উক্ত পারমাণবিক ওজন ধরিলে উহাকে কার্বন ও নাইট্রোজেনের ভিতর স্থান দিতে হয়। কিন্তু তাহাতে সমস্ত সারণীটি পর্যুদস্ত হইয়া যায়। সেইজন্য মেণ্ডেলিফ সাহস সহকারে বলেন যে বেরিলিয়ামের যোজ্যতা হইবে দুই এবং উহার পারমাণবিক ওজন হইবে $4·5 \times 2$

=9। এই পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট মৌল লিথিয়াম ও বোরনের ভিতর দ্বিতীয় শ্রেণীতে বসিবে। তাহাতে উহার সহিত দ্বিতীয় শ্রেণীর অন্যান্য মৌলের, যথা ম্যাগনেসিয়ামের সহিত রাসায়নিক সাদৃশ্য দেখা যায়। বেরিলিয়ামের সাধারণ উষ্ণতায় আপেক্ষিক তাপ হইতে গণনা দ্বারা বাহির করা পারমাণবিক ওজনও হইল 13·5। কিন্তু নিলসন্ এবং পিটারসন্ (Nilson and Petterson, 1884) বেরিলিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক ওজন তাহার বাষ্পীয় ঘনত্ব (40) হইতে পরীক্ষামূলক ভাবে বাহির করেন এবং তাহা হইতে বেরিলিয়াম ক্লোরাইডের আণবিক সংকেত হয় $BeCl_2$ ও বেরিলিয়ামের পারমাণবিক ওজন হয় 9। $BeCl_3$ সংকেত হইলে উহার আণবিক ওজন হয় 120 এবং বাষ্পীয় ঘনত্ব হওয়া উচিত 60। হামপিজও (Humpidge, 1885—86) 500° সেন্টিগ্রেড উষ্ণতায় বেরিলিয়ামের আপেক্ষিক তাপ নির্ণয় করিয়া পান 0·6206 এবং তাহা হইতে বেরিলিয়ামের পারমাণবিক ওজন গণনা দ্বারা পাওয়া যায় 9·8। ইহা হইতেই মেণ্ডেলিফের উক্তির সত্যতা প্রমাণিত হয়।

দ্বিতীয় উদাহরণ হইল ইণ্ডিয়ামের (Indium) পারমাণবিক ওজনের ক্ষেত্রে। ইণ্ডিয়ামের তুল্যাঙ্ক হইল 38। ইহার যোজ্যতা ধরা হইয়াছিল 2। তাহাতে ইহার পারমাণবিক ওজন হয় $38 \times 2 = 76$। এই পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট মৌলের স্থান হওয়া উচিৎ আর্সেনিক ও সেলেনিয়ামের মধ্যে। কিন্তু সেখানে সেরূপ কোন মৌল বসিতে পারে না। মেণ্ডেলিফ ইণ্ডিয়ামের ধর্ম আলোচনা করিয়া উহার যোজ্যতা 3 বলিয়া স্থির করেন এবং উহার পারমাণবিক ওজন তাহাতে হয় $38 \times 3 = 114$। এই পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট ইণ্ডিয়ামকে তিনি ক্যাডমিয়াম ও টিনের ভিতর স্থান দেন। পরে সঠিকভাবে ইণ্ডিয়ামের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিয়া পাওয়া গিয়াছে 114।

ইহা ছাড়া পারমাণবিক ওজনে সামান্য ভুলও মেণ্ডেলিফ সংশোধিত করেন, যেমন, গোল্ডের পারমাণবিক ওজন মেণ্ডেলিফের সময় প্লাটিনামের পারমাণবিক ওজন অপেক্ষা কম বলিয়া ধরা হইত। কিন্তু রাসায়নিক সাদৃশ্য হইতে মেণ্ডেলিফ গোল্ডকে কপার ও সিলভারের সহিত একই শ্রেণীতে বসান এবং তাহাতে গোল্ডের পারমাণবিক ওজন প্লাটিনামের অপেক্ষা বেশী হয়। পরে বিশুদ্ধভাবে গোল্ডের পারমাণবিক ওজন নির্ণয় করিয়া দেখা গিয়াছে যে মেণ্ডেলিফের উক্তিই সত্য।

(৪) এই পর্যায় সারণী রাসায়নিক গবেষণায় প্রেরণা দিয়াছে।

পর্যায়-সারণীর ত্রুটী (Difficulties in the Periodic Table) :—অনেক দিক হইতে মৌলগুলিকে এইভাবের পর্যায় সারণীতে সাজানো খুব সন্তোষজনক বটে ; কিন্তু তাহা সত্ত্বেও উহার ভিতর কিছু কিছু ত্রুটি দেখা যায়।

1. এই পর্যায় সারণীতে যদিও পারমাণবিক ওজন বৃদ্ধির ক্রম অনুসারে মৌল-গুলিকে সাজানো হইয়াছে, তথাপি অন্ততঃ তিনটি ক্ষেত্রে শ্রেণীগত সাদৃশ্য বজায় রাখিতে এই নিয়মের ব্যতিক্রম করিতে হইয়াছে।

যথা,

আরগন = 39·9	কোবাল্ট = 58·94	টেলিউরিয়াম = 127·4
পটাসিয়াম = 39·1	নিকেল = 58·69	আয়োডিন = 126·63

পারমাণবিক ওজন অধিকতর হওয়া সত্ত্বেও আরগন, কোবাল্ট এবং টেলিউরিয়ামকে যথাক্রমে কম পারমাণবিক ওজন বিশিষ্ট পটাসিয়াম, নিকেল ও আয়োডিনের পূর্বে স্থান দেওয়া হইয়াছে।

2. হাইড্রোজেনের পর্যায় সারণীতে স্থান লইয়া বিশেষ গোলযোগ দেখা যায়। তাহার কারণ :

(i) হাইড্রোজেন একযোজী বলিয়া হয় ইহাকে 1 নং শ্রেণীতে ক্ষারীয় ধাতুর সহিত বসাইতে হয়, অথবা, 7নং শ্রেণীতে হ্যালোজেন মৌলগুলির সহিত স্থান দিতে হয়।

ক্ষারীয় ধাতুর সহিত হাইড্রোজেনের সাদৃশ্য ও পার্থক্য :—ক্ষারীয় ধাতুর মত হাইড্রোজেন একযোজী, ধনাত্মক তড়িতাহিত, অধাতুর সহিত যুক্ত হইয়া সুস্থিত যৌগ উৎপন্ন করে, সুস্থিত অক্সাইড গঠন করে, কোন কোন বিজারক ধাতুর সহিত সুস্থিত হাইড্রাইড গঠন করে ; কিন্তু হাইড্রোজেনের অণু দ্বিপরমাণুক, ক্ষারীয় ধাতুর গ্যাসীয় অণু এক পরমাণুক ; হাইড্রোজেন গ্যাস, ক্ষারীয় ধাতু কঠিন।

হ্যালোজেনের সহিত হাইড্রোজেনের সাদৃশ্য ও পার্থক্য :—হ্যালোজেনের প্রথম দিকের মৌল দুইটির (F এবং Cl) মত হাইড্রোজেন একটি গ্যাস্ এবং অধাতু। গ্যাসীয় হ্যালোজেন মৌল দুইটির অণুর মত হাইড্রোজেনের অণু দ্বিপরমাণুক। হ্যালোজেনের একটি একটি পরমাণু দ্বারা জৈব-যৌগে (Organic compound) বিদ্যমান হাইড্রোজেন পরমাণুর একটি একটি প্রতিস্থাপিত করা যায় এবং তাহাতে যে যৌগ উৎপন্ন হয় তাহাও হাইড্রোজেন-যুক্ত জৈবযৌগের মত সুস্থিত হয়। ধাতুর মৌলের যেমন হ্যালাইড লবণ (যথা, $NaCl$, $CaCl_2$) গঠিত হয়, সেইরূপ কতক

ধাতুর লবণের মত গুণ-সম্পন্ন হাইড্রাইড প্রস্তুত করা যায়। ধাতব হ্যালাইডকে গলিত অবস্থায় তড়িৎ-বিশ্লিষ্ট করিলে যেমন ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে হ্যালোজেন মৌল পাওয়া যায়, সেইরূপ ধাতব হাইড্রাইডকে গলিত অবস্থায় তড়িৎবিশ্লিষ্ট করিলে ধনাত্মক তড়িৎদ্বারে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। (এইখানে মনে রাখিতে হইবে যে হাইড্রোজেনর সহিত হ্যালোজেন মৌলের সংযোগে উৎপন্ন যৌগকে তড়িৎবিশ্লিষ্ট করিলে হাইড্রোজেন ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারে মুক্ত হয়)। এই সাদৃশ্য থাকা সত্ত্বেও দেখা যায় যে হাইড্রোজেন সুস্থিত অক্সাইড গঠন করে, হ্যালোজেন দুঃস্থিত অক্সাইড গঠন করে; আরও পার্থক্য এই যে হাইড্রোজেন প্রবল বিজারক, হ্যালোজেন মৌলগুলি প্রবল জারক।

(ii) যদি হাইড্রোজেনকে 1 নং শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হয় তবে সারণীতে হাইড্রোজেন ও হিলিয়ামের ভিতর ছয়টি স্থান শূন্য থাকে। এই শূন্য স্থানগুলি অজানা মৌলের সংকেত দেয় বলিয়া স্বতঃই মনে হয়। কিন্তু ইহা অসম্ভব, কারণ পারমাণবিক ওজন 1-বিশিষ্ট হাইড্রোজেন ও পারমাণবিক ওজন 4-যুক্ত হিলিয়ামের ভিতরে কোন মৌল থাকিতে পারে না। যদি হাইড্রোজেনকে 7 নং শ্রেণীতে বসান হয় তবে এই গোলযোগের অবসান হয়।

(iii) হাইড্রোজেনকে 1 নং শ্রেণীতে বসাইলে এই শ্রেণীর পরবর্তী মৌল লিথিয়ামের পারমাণবিক ওজনের সহিত ইহার পারমাণবিক ওজনের পার্থক্য হয় 6, কিন্তু ইহাকে 7 নং শ্রেণীতে রাখিলে উক্ত শ্রেণীর পরবর্তী মৌল ফ্লুয়োরিণের পারমাণবিক ওজনের সহিত ইহার পারমাণবিক ওজনের পার্থক্য হয় 18; এই দ্বিতীয় পার্থক্যই সাধারণতঃ 1নং এবং 2নং পর্যায়ে প্রত্যেক শ্রেণীতে অবস্থিত পর পর দুইটি মৌলের পারমাণবিক ওজনের পার্থক্য বলিয়া দেখা যায় ($Na-Li=23\text{-}7=16$, $Mg-Be=24-9=15$; $P-N=31-14=17$ ইত্যাদি)।

এই সমস্ত বিবেচনা করিয়া মেণ্ডেলিফ হাইড্রোজেনকে একটি "দুষ্ট (rogue) মৌল" আখ্যা দেন এবং উহাকে সমগ্র সারণীর মাথায় একটি বিভিন্ন পর্যায়ে স্থান দেন।

হাইড্রোজেনের এই প্রকার দ্বৈত (dual) ব্যবহারের মূলে রহিয়াছে উহার পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন। ইহার পরমাণুতে একটি ঋণাত্মক তড়িৎশক্তি বিশিষ্ট ইলেকট্রন এবং একটি ধনাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট প্রোটন আছে। যৌগ উৎপাদনের

সময় হয় ইহার ইলেকট্রন অন্য মৌলকে দেয়, তখন কেবল ধনাত্মক-অবশেষ (Proton) পড়িয়া থাকে অথবা অন্য মৌল হইতে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ঋণাত্মক-অবশেষে পরিণত হয় এবং সেইভাবে আয়ন গঠন করে। আবার অন্য মৌলের সহিত ইহা দুইটি ইলেকট্রন সাধারণভাবে ধরিয়া রাখিতে পারে। তাই হাইড্রোজেনের ইলেকট্রনীয় যোজ্যতা দেখা যায় এবং সমযোজ্যতাও দেখা যায়; সুতরাং ইহার যোজ্যতা বিশেষ ধরণের। তাই হাইড্রোজেনকে সারণীতে অবস্থিত সমস্ত মৌলের পূর্বাভাষ (prototype) বলিয়া ধরা হয়, কারণ সমস্ত মৌলের ধর্মই অল্পবিস্তর হাইড্রোজেনে দেখিতে পাওয়া যায়। তাই ইহাকে কোন শ্রেণীবিশেষে না বসাইয়া সমস্ত সারণীর মাথার উপর বসানই যুক্তিযুক্ত।

3. তৃতীয় শ্রেণীতে সর্বাপেক্ষা বৃহৎ পর্যায়ে—একটিমাত্র স্থানে 14টি বিরল মৃত্তিক মৌলকে (rare earth elements) স্থান দেওয়া হইয়াছে। এই 14টি মৌল এত বেশী সাদৃশ্যযুক্ত এবং একইপ্রকার ধর্ম-বিশিষ্ট যে তাহাদের পৃথকীকরণ খুবই শক্ত। তাই তাহাদের একই শ্রেণীতে একই স্থানে বসান হইয়াছে। কিন্তু এইভাবে উক্ত 14টি মৌলকে বসানর জন্য পর্যায়গত বিভাগের মূলনীতি ভঙ্গ করা হইয়াছে। এই 14টি মৌলের পারমাণবিক-ওজন 1 বা 2 দ্বারা ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইয়াছে, কিন্তু এই বর্দ্ধিত পারমাণবিক ওজন অনুসারে ইহাদের সাজানো হয় নাই।

4. কতকগুলি মৌলের ভিতর যথেষ্ট পরিমাণ সাদৃশ্য না থাকিলেও তাহাদের একই শ্রেণীতে স্থান দেওয়া হইয়াছে। যথা, Cu, Ag, এবং Au এই তিনটি বরধাতু ক্ষারধাতু Li, Na, K-এর সহিত একই শ্রেণীতে বর্তমান দেখা যায়।

5. কতকগুলি সমধর্মী মৌলকে বিভিন্ন শ্রেণীতে সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে। যথা, Ba এবং Pb; Cu এবং Hg; বেরিয়াম দ্বি-যোজী এবং অদ্রাব্য সলফেট দেয়, লেডও দ্বি-যোজী এবং অদ্রাব্য সলফেট দেয়, তাহা হইলেও বেরিয়ামকে 2নং শ্রেণীতে এবং লেডকে 4নং শ্রেণীতে বসানো হইয়াছে।

6. 8নং শ্রেণীতে তিনটি করিয়া মৌল, Fe, Co, Ni; অথবা Os, Ir, Pt একত্রে বসান হইয়াছে। ইহাও পর্যায়গত বিভাগের মূলনীতির বিরোধী।

সামঞ্জস্য-বিধান: মেণ্ডেলিফের পর্যায়-সারণীর উপরে উল্লিখিত ত্রুটিগুলি আর বর্তমান সারণীতে নাই। তাহার কারণ পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন জানিবার পর এবং মৌলগুলির সমস্থানিক (isotopes) আবিষ্কৃত হওয়ার পর পর্যায়-সূত্রটিই

বিজ্ঞানীরা পরিবর্তিত করিয়া দিয়াছেন। বর্তমানে পর্যায়-সূত্রটি নিম্নলিখিতভাবে উল্লেখ করা হয়:

"মৌলিক পদার্থগুলির ও তাহাদের যৌগসমূহের ধর্ম তাহাদের পরমাণু ক্রমাঙ্ক (atomic number) অনুসারে পর্যায়ক্রমে আবর্তিত হয়।"

কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন মৌলের মূলগত ধর্ম (fundamental or inherent property) নয়; প্রায় সমস্ত মৌলেরই সমস্থানিক আবিষ্কৃত হওয়ার পর বুঝিতে পারা গিয়াছে যে সমস্থানিকগুলি একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজন-বিশিষ্ট পরমাণু; ইহাদের রাসায়নিক ধর্ম হুবহু এক। অর্থাৎ অন্যভাবে বলিতে গেলে বলিতে হয় যে একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজন থাকিতে পারে। কিন্তু একই মৌলের বিভিন্ন পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট পরমাণুগুলির পরমাণু ক্রমাঙ্ক একই হয়; ইহার কারণ একই মৌলের প্রত্যেকটি পরমাণুর কেন্দ্রঘরে (nucleus) একই সংখ্যক ধনাত্মক তড়িৎশক্তিবিশিষ্ট প্রোটন থাকে; কেবল নিউট্রনের সংখ্যায় তারতম্য হয়, তাই তাহাদের পারমাণবিক ওজনে পার্থক্য হইয়া থাকে। যখন মৌলগুলিকে তাহাদের পারমাণবিক ওজন অনুসারে না সাজাইয়া তাহাদের পরমাণু ক্রমাঙ্ক অনুসারে সাজানো হয় তখন উপরে উল্লিখিত প্রায় সমস্ত ত্রুটিরই সমাধান হইয়া যায়। (i) এই ভাবে সাজাইতে হইলে পরমাণু ক্রমাঙ্ক দেখা যায় H=1, He=2, Li=3, Be=4, B=5 ইত্যাদি এবং সর্বোচ্চ= পারমাণবিক ওজনবিশিষ্ট ইউরেনিয়ামের (Uranium, U) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক= 92। ভূত্বকে বর্তমান অদ্যাবধি আবিষ্কৃত মৌল সংখ্যা হইল 92, অতএব প্রত্যেকটি মৌলের পর্যায় সারণীতে একটি নির্দিষ্ট স্থান আছে বলিয়া জানা যায়। এখানে উল্লেখ করা যাইতে পারে যে পরে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত ইউরেনিয়ামের পরবর্তী 11টি মৌলও পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুসারে বর্তমান পর্যায় সারণীতে স্থান পাইয়াছে। (অধুনা আরও একটি ট্র্যানস্ইউরেনিক মৌল (পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক 103) আবিষ্কৃত হওয়ায় সর্বসমেত 11টি উক্ত মৌল জানা গিয়াছে।) (ii) আবার এই পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক অনুসারে মৌলগুলিকে সাজাইলে (A, K); (Co, Ni) এবং (Te, I) এই মৌলগুলির পারমাণবিক ওজন অনুসারে যে পরিস্থিতির উদ্ভব হয় তাহার অবসান ঘটে, আরগনের পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক পটাসিয়ামের অপেক্ষা-কম; সেইরূপ অন্যান্য ক্ষেত্রেও দেখা গিয়াছে। (iii) পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক পরীক্ষা-মূলকভাবে স্থির করিয়া দেখা গিয়াছে যে বিরল ধাতুর সংখ্যা ঠিক 14 এবং সিরিয়াম

(Cerium, 58) হইতে লুটেসিয়াম (Lutecium, 71) পর্যন্ত 1 করিয়া ইহা বৃদ্ধি পায়। . কিন্তু ইহাদের ক্ষেত্রে যেমন একটি করিয়া প্রোটন ইহাদের পরমাণুর কেন্দ্রঘরে যোগ হইলে যে ইলেকট্রন্ ইহাদের পরমাণুতে আসে তাহা সর্ববহিঃস্থ কক্ষে না আসিয়া শেষের দিক হইতে তৃতীয় কক্ষে যুক্ত হয়; সর্বশেষ কক্ষে তাই ইলেকট্রনের সংখ্যা এই সকল বিরল মৃত্তিক ধাতুর ক্ষেত্রে একই থাকিয়া যায়। তাই ইহারা সর্বদাই ত্রিযোজী এবং ইহাদের একত্র III শ্রেণীতে বসান বিধেয়। (iv) বেরিয়ামের সর্ব-বহিঃস্থ কক্ষে দুইটি ইলেকট্রনই থাকে তাই ইহার স্থান II শ্রেণীতে; লেডের সর্ববহিঃস্থ কক্ষে চারিটি ইলেকট্রন থাকে, তাই উহার স্থান IV শ্রেণীতে। স্থায়ী যৌগ উৎপাদনের সময় লেডের দুইটি ইলেকট্রন অসার (inert) হইয়া থাকে।

পরিভাষা

Acidimetry—অম্লমিতি

Acidity of a base —ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা

Additive compound—যুতযৌগ

Additive reaction —যোগশীল বিক্রিয়া

Adsorption—অধিশোষণ

Air floatation process —বায়ু-ভাসন-ক্রিয়া

Alcohol beverage—সুরা, মদ

Alicyclic—স্নেহজ বৃত্তাকার

Aliphatic—স্নেহজ

Alkall metals—ক্ষারধাতু

Alkalimetry—ক্ষারমিতি

Alkaline earth metals —মৃৎক্ষার ধাতু

Alloy Steels—সংকর ইস্পাত

Alpha rays—আল্‌ফা রশ্মি

Amalgamation—সংরসীকরণ

Amethyst—যকুত

Anaesthesia—বিবশক

Anaesthetic —চেতনানাশক, নিশ্চেতক

Anion—ঋণাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়ন

Anode—অ্যানোড বা ধনাত্মক মেরু সংযুক্ত তড়িৎদ্বার

Annealing of glass —কাচের কোমলায়ন

Aqueous tension —জলীয়বাষ্পের চাপ

Aromatic—গন্ধবহ

Artificial silk—কৃত্রিম রেশম

Assimilation—আত্তীকরণ

Atomic energy —পারমাণবিক শক্তি

Atomic heat—পারমাণবিক তাপ

Atomic number —পারমাণবিক ক্রমাঙ্ক

Aviation spirit—বিমানচালনায় ব্যবহৃত স্পিরিট

Balanced diet—সুষম খাদ্য

Barometer—চাপমান যন্ত্র

Basic—ক্ষারকীয়, ক্ষারীয়

Basicity of an acid —অ্যাসিডের ক্ষারগ্রাহিতা

Bell metal—ঘণ্টাধাতু, কাঁসা

Bessemer Converter —বিসিমার বিবর্তকচুল্লী

Beta rays—বিটারশ্মি

Bile—পিত্তরস
Black Ash—কৃষ্ণভস্ম
Blast Furnace—মারুতচুল্লী
Blister Copper—ঝাঁঝরা তামা
Blue Vitriol—নীলকাসীস, তুঁতে
Boat, porcelain
—চীনামাটির নৌকা
Bond—বন্ধনী
Brass—পিতল
Bronze—ব্রোঞ্জ
By-product—উপজাত পদার্থ
Calorie—ক্যালরি, তাপমাত্রা
Camphor—কর্পূর
Carbohydrate—শ্বেতসার ও চিনিজাতীয় পদার্থ
Carbon reduction
—কার্বন বিজারণ
Cast Iron—ঢালাই লোহা
Cathode—ঋণাত্মক মেরুর সহিত সংযুক্ত তড়িৎদ্বার
Cathode rays—ক্যাথোডরশ্মি
Cation—ধনাত্মক তড়িৎশক্তিযুক্ত আয়ন
Causticising process
—ক্ষারীকরণ প্রক্রিয়া
Cell—কোষ
Cement—বিলাতী মাটি
Chalk—খড়িমাটি
Classification—শ্রেণীবিভাগ
Clinker—কঙ্কর
Closed chain—বৃত্তাকার
Coal gas—কয়লা গ্যাস
Coal tar—আল্‌কাতরা
Combining weight—যোজনভার
Combustion Furnace
—দহন-চুল্লী
Combustion tube—দহননল
Conductor—পরিবাহী
Copper sulphate—তুঁতে
Corundum—কুরুবিন্দ
Co-ordinate Co-valency
—অসমযোজ্যতা
Covalency—সমযোজ্যতা
Cullet—ভাঙ্গা (পুরাতন) কাচ
Cup and cone arrangement
—বাটি ও শঙ্কু ব্যবস্থা
Denatured spirit
—পানের অযোগ্য সুরা
Diaphragm—মধ্যাবরক
Digestion—পচন
Dilution—লঘুতা সম্পাদন
Disintegration—পরমাণু ভাঙ্গিয়া যাওয়া
Dissociation—বিয়োজন
Double bond—দ্বিবন্ধ
Drying oil—বিশোষক তৈল
Electric charge—তড়িৎশক্তি

Electro-chemical Equivalent
—তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক
Electro-chemical series
—তড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণী
Electrode—তড়িৎদ্বার
Electrolysis—তড়িৎ বিশ্লেষণ
Electrolyte—তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ
Electrolytic dissociation
—তড়িৎ বিয়োজন
Electrolytic process, Theory of —বৈদ্যুতিক্ পদ্ধতিবাদ
Electro-magnet—তড়িৎ চুম্বক
Electro-negative
—ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী
Electro-plating—তড়িৎলেপন
Electropositive
—ধনাত্মকতড়িৎধর্মী
Electro-valency—ইলেকট্রনীয়-যোজ্যতা বা বিসমযোজ্যতা
Emerald—পান্না
Empirical Formula—
—স্থূল সংকেত
Enzyme—জারকরস
Equivalent weight—তুল্যাঙ্কভার
Essence—সুরভী
Factor—গুণক
Faraday's Laws of Electrolysis
—ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্রাবলী

Fatty acid—স্নেহজ অ্যাসিড
Fermentation—গাঁজানো, সন্ধান
Firebrick—অগ্নিসহ-ইষ্টক
Flash point—জ্বলনাঙ্ক
Flint—চকমকি পাথর
Flux—বিগালক
Food—খাদ্য
Fractional distillation
—আংশিক পাতন
Froth—ফেনা
Functional group
—শ্রেণী প্রতিমূলক
Furnace, Reverberatory
—পরাবর্ত-চুল্লী
— , Blast—মারুত
— , Muffle—সংবৃত
Fused—গলিত
Galvanisation—দস্তালেপন
Gamma rays—গামা রশ্মি
Gangue—খনিজমল
Gastric juice—পাচক রস
Gem—রত্ন
German silver—কৃত্রিম রূপা
Glass—কাচ
—Soft,—নরম
Glaze—চিক্কণ লেপ
Glucose—দ্রাক্ষাশর্করা
Goitre—গলগণ্ড
Gram-equivalent—গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

Group—বর্গ, শ্রেণী
Gun metal—কামান ধাতু
Hard soap—শক্ত সাবান
Hearth—চুল্লীবক্ষ
Homologous—সমগণীয়
Homologue—সগণ
Hydrated—জলযোজিত
Indicator—সূচক, নির্দেশক
Intestine—অন্ত্র
Ionic dissociation—আয়নীয় (উভমুখী) বিয়োজন
Ionic valency—আয়নীয় যোজ্যতা
Isomorphism—সমাকৃতিত্ব
Isotopes—সমস্থানিক
Ladle—হাতা
—perforated, ঝাঁঝরা
Lead, white—সীস, শ্বেত
Litharge—মুদ্রাশঙ্খ
Liver—যকৃৎ
Marsh gas—জলা জায়গা হইতে উদ্ভূত গ্যাস, মিথেন
Measuring flask—মাপক ফ্লাস্ক
Metabolism—বিপাক
Metallic clink—ধাতব শব্দ
Metallic lustre—ধাতব ঔজ্জ্বল্য বা দ্যুতি
Methane—মিথেন (Marsh gas দেখ)
Mica—অভ্র
Mild Steel—নরম ইস্পাত
Mixed crystals—মিশ্র কেলাস
Molar solution—আণবিক দ্রবণ
Mordant—রংস্থাপক, রাগবন্ধক
Muffle furnace—সংবৃত চুল্লী
Natural gas—প্রাকৃতিক গ্যাস
Neutral solution—প্রশমিত দ্রবণ, নিরপেক্ষ দ্রবণ
Neutral point—প্রশমন ক্ষণ
Neutron—নিউট্রন
Noble metals—বরধাতু
Normality—তুল্যাঙ্কমাত্রা
Normal solution—তুল্যমাত্রা দ্রবণ
Nutrition—পুষ্টি
Nucleus—কেন্দ্রঘর
Oil floatation process—ফেনভাসন পদ্ধতি
Oil bath—তৈলগাহ
Open chain—মুক্ত-শৃঙ্খল
Orbit—কক্ষ, পথ
Organic chemistry—জৈব-রসায়ন
Over growth crystals—অধিবৃদ্ধ কেলাস
Pancreas—অগ্ন্যাশয়
Pancreatic juice—অগ্ন্যাশয়-নিঃসৃত রস
Passive iron—নিষ্ক্রিয়-লৌহ

Paste—লেই
Percent strength—শতকরা হিসাবে শক্তি (দ্রবণের)
Period—পর্যায়
Periodic Law—পর্যায় সূত্র
Periodic Table—পর্যায়সারণী
Petroleum—খনিজ তৈল
Philosopher's wool—দার্শনিকের উল
Pig iron—ঢালাই লোহা
Poling process—কাঁচা কাঠের সাহায্যে আলোড়ন
Porcelain boat—চীনামাটির নৌকা
Positive rays—ধনাত্মক তড়িৎ-শক্তিযুক্ত রশ্মি
Potential—তড়িৎ বিভব
Producer gas—প্রযোজক গ্যাস
Protein—আমিষ
Proton—প্রোটন
Radio-active emanation—তেজষ্ক্রিয়-নিঃসার
Radio-active rays—তেজষ্ক্রিয় পদার্থ হইতে নির্গত রশ্মি
Raw material—কাঁচা মাল
Rayon—কৃত্রিম রেশম
Red lead—মেটে সিন্দুর
Refinery—শোধনাগার
Replacement—প্রতিস্থাপন
Roasting—ভর্জন
Rotatory furnace—ঘূর্ণায়মান চুল্লী
Ruby—চুণী
Rust—মরিচা
Rusting (of iron)—(লোহায়) মরিচা ধরা
Rust prevention—মরিচা নিবারণ
Salt cake—লবণ পিষ্টক
Saliva—লালা
Sand bath—বালি গাহ
Sapphire—নীলা
Scrap iron—ছাঁটাই-লোহা
Scrap steel—ছাঁটাই-ইস্পাত
Self-reduction—স্বতঃবিজারণ
Setting—জমাট-বাঁধা
Shell—স্তর
Single cell—এককোষী
—yeast—ইষ্ট
Single bond—একবন্ধ
Slow combustion—মৃদু দহন
Slow reaction—মন্থর বিক্রিয়া
Small intestine—ক্ষুদ্র অন্ত্র
Smelting—বিগলন
Soda ash—সোডা ভস্ম
Soda crystals—কেলাসিত সোডা
Soft soap—নরম সাবান

Solder—ঝালাই ধাতু
Specific heat—আপেক্ষিক তাপ
Stainless steel —মরিচাবিহীন ইস্পাত
Strength—মাত্রা, শক্তি
Steel—ইস্পাত
Stomach—পাকস্থলী
Structure—গঠন, কাঠামো
Structural formula —সংযুতি সংকেত
Substitution—প্রতিস্থাপন
Sucrose—ইক্ষুশর্করা
Synthesised—সংশ্লেষিত
Table—সারণী
Taphole—নির্গমপথ
Tanning—চর্ম-সংস্করণ
Tensile strength—তনন ক্ষমতা
Tertiary—তৃতীয়ক
Theory—বাদ
Tin—রাং
Titration—পরিমাপন
Topaz—পোখ্‌রাজ
Toughness—দৃঢ়তা
Transmutation—রূপান্তর
Transparent soap—স্বচ্ছ সাবান
Triple bond—ত্রিবন্ধ
Tuyere—চুল্লী মধ্যে গ্যাস প্রবেশ করাইবার নল।
Valency bond—যোজক
Viscose silk—ভিস্‌কোস পদ্ধতিতে উৎপন্ন কৃত্রিম রেশম
Viscous—সান্দ্র
Vital force—প্রাণশক্তি
Vitreous—কাঁচাভ, কাচীয়
Vitriol—কাসীস
Voltameter—ভোল্টামিটার বা তড়িৎ-বিশ্লেষণের পাত্র
Washer—ধৌতাগার
Water gas—জলগ্যাস
Weighing bottle—ওজন করিবার বোতল
White lead—সীসশ্বেত, সফেদা
Wood gas—কাঠগ্যাস
Wrought iron—পেটা লোহা
X-ray—রঞ্জন রশ্মি
Yeast—ইষ্ট, এককোষী উদ্ভিদ